永續農業作物合理化施肥技術

陳武雄
林俊義　主　編

林木連　黃維廷
王鐘和　吳婉麗　執行編輯

中華永續農業協會
台灣省農業試驗所　出版

TARI LIB.
C005345

中華民國八十八年六月

10.5 8736-3

永續農業作物合理化施肥研習會專刊

中華民國八十八年六月二十八日至三十日

地點：台灣省農業試驗所技術服務室

行政院農業委員會
省政府農林廳 補助

中華永續農業協會
台灣省農業試驗所 主辦

中華永續農業協會
台灣省農業試驗所 編印

中華民國八十八年六月

005345

陳理事長武雄致歡迎詞

林所長、各位貴賓、各位女士、各位先生：

今天中華永續農業協會假台灣省農業試驗所舉辦「永續農業作物合理化施肥研習會」，感謝各位貴賓、各位先進能齊聚一堂，共襄盛舉，共同為我國農業永續經營的理想貢獻心力與智慧，在此致上個人萬分謝意。

近幾年來，政府相關單位積極推動多項促進農業永續經營的政策，諸如：推行水旱田輪作，種植綠肥作物，農業廢棄物製成有機質肥料，推廣有機質肥料施用及合理化施肥技術示範推廣，以及輔導有機農業經營等，其目的是要導正本省農民過度施肥的習慣，以維持及增進農田的地力，循環利用資源，加強環境生態的保護等，已有相當成效。

為因應我國加入世界貿易組織(WTO)後，農業產業面臨自由化、國際化的競爭，以及政府對肥料價格不再作補貼，肥料售價勢必調漲之衝擊，實應加速教導農民合理之施肥技術，藉由科學化的土壤及植物營養診斷技術，配合不同作物種類的營養需求特性，推薦合理的化學肥料及有機質肥料之施用技術等，實為當務之急，此即為本協會辦理本次研習會之目的，希望各位與會之先進，能將此次研習會中各位專家所講授之知識，帶回您的工作崗位，積極輔導農友，相信對本省農業之永續經營必有重大貢獻。

本次研習會，承蒙各位先進熱烈參與與支持，農委會及農林廳的經費補助，本協會秘書長林俊義所長及工作人員同心協力策劃而成，在此特別致上萬分謝忱。最後，敬祝各位貴賓、各位先進、身體健康、萬事如意。

陳理事長武雄序文

現代化的農業生產離不開化學肥料，大量施用化學肥料，雖然達到顯著之增產效果，但也逐漸呈現地力日趨衰退以及土壤環境遭到破壞，對自然環境生態亦造成負面影響，農產品的品質也難以提升。

永續農業是一種同時兼顧生態環境與農業生產之農業經營方式，即少用或不用化學肥料及農藥，推展有機農業，施用堆肥、綠肥，實施適當輪作制度及非農藥病蟲害防治，循環利用農業資材，進而能使農業生產與生態達到和階與平衡。

合理的施肥技術必須考量不同作物種類及生育階段之營養需求，配合科學化的土壤及植體營養診斷技術，推薦合宜的肥料種類與用量，適當的施用時期與方法、適當的施用有機資材，可達到節約肥料，提高產量與品質，增加農民收入，可兼顧農田地力及生態環境。

為增進農政及農業從業人員之作物合理施肥的知識，中華永續農業協會與台灣省農業試驗所合作辦理「永續農業作物合理化施肥研習會」，邀集國內有關專家授課，將有一百多人參與盛會。課程之內容涵蓋合理化施肥之理念及技術，以及環境維護及有機農業施肥技術等。授課之講稿業由本協會林秘書長及工作同仁辛苦編印成專集，對從事永續農業推廣的人員及生產的農民甚具參考價值，茲值付梓，特為之序。

台灣省政府秘書長
中華永續農業協會理事長　陳武雄謹識

民國八十八年六月

林秘書長俊義序文

近代的農業經營，為供應世界人口快速成長所需的糧食及物資，致力於高產量品種之育成，以大型農機具耕作，單一作物之連續種植，並投入大量的化學肥料，雖達到增產的目標，但也對環境造成衝擊。

因此，有識之士才起而倡導永續性農業，並且蔚為風氣。永續性農業之經營過程中必須考慮三個重要課題：(1)生產力是否能維持？(2)資源利用的效率如何？(3)對環境是否造成衝擊？簡而言之，就是在生產良好的農產品過程中同時要注意維持農田地力、善用資源及兼顧生態環境平衡。近年來我國積極推動促進農業永續發展之經營模式，諸如：推行合理之水旱田輪作，種植綠肥作物，推廣利用農產廢棄有機物製成之有機質肥料，生物肥料及非農藥防治病蟲害技術之開發利用等均著有成效。

中華永續農業協會及台灣省農業試驗所合作辦理「永續農業作物合理化施肥研習會」共有農政及農業從業人員計一百五十多餘人參加，會中講授永續農業之理念、環境保護、合理化施肥之意義及不同作物種類之合理施肥技術、有機質肥料施用技術、精準及有機農業之施肥技術等，對提昇相關從業人員之智識，及永續農業合理施肥技術的推展，甚具貢獻，各授課專家之講義，已彙集成專集，可做為推動永續農業合理化施肥技術之參考，特為之序。

台灣省農業試驗所所長
中華永續農業協會秘書長　林俊義謹識

民國八十八年六月

目　錄

頁次

台灣永續農業發展概況(林俊義所長)..........................1

合理化施肥之意義與重要性(黃伯恩技正)................37

合理化施肥與環境維護(陳琦玲博士)........................41

土壤資訊應用(郭鴻裕副研究員)..............................67

認識有機質肥料與施用技術(簡宣裕博士)................81

作物合理化施肥技術與應用(林木連主任)................91

蔬菜園合理化施肥技術(王鐘和博士)......................101

花卉之合理化肥培管理(張庚鵬助理研究員)..........115

果樹合理化施肥(黃維廷助理) 121

台灣永續農業發展之概況

林俊義

台灣省農業試驗所

摘要

第二次世界大戰以後，為因應人口急速增加之糧食需求及賺取外匯，國內把農業發展列為國家經濟建設之最優先考慮，積極發展農業，以培養工業。但是由於科技的發達，現代農法施用過量的科技產品如化學肥料及農藥等，因此不知不覺污染我們的空氣、土壤及河流，同時所生產的糧食，亦日益深受污染的威脅。為全人類幸福著想，現代農耕法需要調整，使農產品減少污染的機會，使農業能永續發展下去。有鑒於此，近年來世界各國迫切需要建立，不依靠化學肥料及化學農藥及能源低投入的農業生產體系。如此就可以減少成本，產量也可保持穩定，並提高收益，同時減少對環境生態之衝擊問題。近年來由於國內經濟快速成長，並逐漸採行經濟國際化，貿易自由化政策，使部分國產農產品之市場競爭力衰退，而造成滯銷問題。加以環保意識抬頭，國內外許多有識之士倡導有機農業，即儘量使用可以再生，再利用之有機物為生產資材，避免使用化學肥料及農藥，以兼顧農業生產與生態保育。有鑑於此，行政院農業委員會自民國七十八年起規劃中、長程計畫，以探討有機農業之可行性，該計畫亦由高雄、台南、台中、台東等區農業改良場及茶業改良配合辦理，為期六年。結果顯示，有機農法之有機肥料售價偏高，病蟲及雜草控制困難，其經濟效益尚待考驗，惟部分農民已將有機農法應用於稻米、蔬菜、水果等之生產。此外在生物肥料利用及非農藥之病蟲害防治等技術開發，均已有成功之實例。如毛豆接種根瘤菌、菌根菌在瓜類育苗上之應用、赤眼寄生蜂應用於玉米螟防治、以草蛉防治有害害蟲、果實蠅防治用改良型麥氏誘殺器之開發、木黴菌之應用、及木瓜網室栽培和抗病基因轉殖等，

均有顯著成效。展望未來，促進農作物增產已不再是農政單位施政之主要目標，因而農作物複種指數將逐年向下調整，使農地有更多休閒時間用以種植綠肥作物，維護土壤肥力。在農業生產方面，應儘量採取適地適作的策略，應用土壤及植物體分析診斷，施用必須之肥料種類與數量，並改進施肥方法，以避免不當使用肥料所造成污染問題之發生。此外，宜加強輪作制度之研究與推廣，以減少病蟲及雜草之為害。

前言

臺灣農業一向為小農經營制度，在化學肥料、農藥及殺草劑未引進以前，農民多利用自製堆肥或種植綠肥作物做為肥料來源，並以物理或機械方式防除病蟲害而達到穩定生產之目的。此種方式增產效果有限，因此無法滿足人口迅速增加之需求。政府為增加糧食供應，在民國 40～50 年間，採行增產措施，利用現代化科技，如加速品種改良、改進生產技術並大量使用化學肥料、農藥甚至殺草劑，而達成了增產目標，使各種糧食及蔬果等民生必需品得以充份供應，但這些過度採用化學肥料、農藥之生產方式可能造成部份土壤酸化及鹽分累積、土壤及河川遭受污染、農產品農藥殘留影響消費者健康問題。為了挽救這些可能造成之危機，使有限的水土資源得以永續利用，政府近年來已開始重視並倡導農業生產與生態環境相互調和之農業經營理念，積極利用現代科學技術，如減少或甚至不用化學肥料及農藥、採用有機質肥料、非農藥防治病蟲害技術、循環利用農業廢棄物、實施合理輪作制度，使農業生產兼顧了利潤與農業自然環境之維護、產品之安全性，達成農業永續發展之目標。

臺灣永續農業發展現況

(一)永續農業之定義

永續農業之定義在整個農業生產體系，需作一明確之解釋以免觀念模糊不清。狹義之定義為不使用化學肥料、農藥、生長調節劑及飼

料添加物之生產方式即稱為永續農業；但廣義之定義中則為兼顧農民利益，並能建立農業自然生態體系使環境所受衝擊減為最小者。故永續農業之涵義包括：

(1)維護自然生態環境；

(2)維持土壤之生產力及其易耕性，以充份供給作物之養份；

(3)以輪作方式，施用作物殘渣、家畜糞尿、豆科植物綠肥、有機性廢棄物及含有無機養份之岩石；

(4)用機耕法來防治各種雜草及作物病蟲害。

換言之，有機農業為尊重自然之農耕法，植物為土壤所培養者，以土壤為所有生物生命之泉源之生態系與土壤之關係為中心之農業。

（二）永續農業發展之背景與經過

行政院農業委員會在 1986 年邀請專家評估臺灣實施有機農業之可行性，認為技術上可行性很高，遂於 1987 年由中興大學主持，在高雄、臺南改良場以二種輪作系統，三種耕作法即有機農法、慣行農法及折衷農法進行有機農法之可行性研究，針對作物產量、病蟲害發生情況、雜草控制、土壤理化性之變化及經濟效益進行長期分析，目前進行至第十年。次年臺中場、茶改場、畜試所參加該項研究計畫，後來臺東場、花蓮場也加入該計畫。1987 年中華民國農學團體聯合年會上，學者專家聯合提案建議請政府重視環境生態之平衡並積極推動有機農業，該建議案獲得共識與支持。1988 年 10 月 27～29 日臺中區農改場首次召開「有機農業研討會」，會中就各國有機農業實施現況，有機農產品之產銷情況，本省農業生產對環境、土壤、肥料及耕作制度等問題之影響詳加研討並有專集出版。1992 年農委會將「永續性農業之研究與發展」列入國家建設研究會主要討論項目之一，並做為今後積極推動之施政目標。在臺灣省政府農林廳所推行的「臺灣省地區農業發展方案」中亦把有機農業列入施政措施項目之一，並於 1993 年 4 月 8～10 日在台中區農改場召開『永續農業研討會』，會中針對堆肥製作、病蟲害非農藥防治及行銷經營等事項，進行研討，並有專集出版。在 1995 年推行的「臺灣省農業建設方案」亦把加強生態保育，發展永續農業列入之主要施政措施之一。1993 年中華永

續農業協會成立，並為世界永續農業協會臺灣分會。1994 年 11 月 23～25 日，農委會、農林廳、中華永續農業協會、臺中區農業改良場及國際美育自然生態基金會在國立中興大學國際會議廳聯合舉辦永續農業研究與推廣之進展。研討會並就土壤培育、堆肥與廢棄物之利用、作物之永續經營、作物病蟲害之綜合防治、有機農法實務經驗及自然農法實施、推廣及產銷之事項進行研討，會中除國內從事有機農業之學者外，並邀請日本專家加入研討，會後並有專集出刊。此外永續農業協會為更進一步落實永續農業之推廣工作，於 1994 年 11 月 28 日至 12 月 2 日假台中區農改場舉辦永續農業經營講習訓練，將永續農業之理念及永續農業之生產技術推廣給農民使用。1998 年 6 月亦同在台中區農改場舉辦有機及永續農業講習會，繼續推廣有機及永續農業之理念。

（三）政府發展永續農業之策略

1.保育水土資源：合理利用水、土資源，加強造林及水土保持，維護水、土資源免受污染。

2.建立合理輪作制度，維護土壤生產力：配合稻田轉作，建立有效之水旱田輪作制度，適度降低複作指數，獎勵休耕及休閒期種植綠肥，應用作物殘株、綠肥、堆肥及化學改良方法，改進並維護土壤生產力。

3.改進施肥技術：選育肥料利用率高之作物品種，改進施肥技術，並推廣應用土壤及葉片分析營養診斷技術，發展合理施肥技術，提高肥料效率。

4.開發生物性及有機質肥料，以減少或取代化學肥料施用，並保持土壤肥力。

5.循環利用農業廢棄物：嚴格規定農業廢棄物之回收處理，以獎勵有機肥料製造及循環利用避免環境污染。

6.開發替代化學製劑之病蟲害及雜草防治技術：包括物理、耕作及生物防治等方法：如抗病蟲育種、健康種苗繁殖、害蟲誘引及忌避技術、應用天敵及微生物方法、植物相剋、簡易除草道具、輪作體系及混合栽培等方法，以減少或避免化學農藥之使用。

7.加速釐定各類作物病蟲害防治之綜合防治方案。

8.加速應用生物技術於抗病蟲育種、生物性肥料及農藥之開發及農畜產廢棄物處理等之研究。

9.輔導有機農產品之產銷：規範有機農業生產條件並建立有機農產品認證制度，教育消費者選用安全衛生之有機產品。

（四）永續農業研究發展

1.有機農業可行性研究

根據高雄場六年試驗結果顯示有機農法之產量受作物種類與種植季節影響有高低。一般而言需氮肥量大、生育期間較短之作物如秋作之甘藍、蘿蔔、甜玉米、有機農法較慣行農法減產 21.2%、25.0%及 6.0%之間；但有機農法春作甜玉米則較慣行農法增產 9.5。需氮肥量少之毛豆，於秋作水稻後作有機法增產 25.2%。夏作水稻有機農法於前二輪迴顯著減產但第三輪迴時則與慣行法相近。比較有機農法與慣行農法之生產成本結構，由於有機質肥料成本及工資偏高，有機農法總生產成本比慣行法高 2.0～4.2 倍，由於產量較低，成本又偏高，有機農法之年收益變為負值。供試作物在有機農法管理下，主要病蟲害之危害率比慣行農法高出 2 倍以上。春植者比秋植者稍重，蔬菜類又比農藝作物類嚴重。惟各作物除偶有嚴重發生外，其他尚不致達到無法控制之程度。雜草控制方面有機農法通常雜草數高於慣行法 1.5～3.6 倍，不過有機區可產生較多量水苔層具抑制雜草生長效果可配合田間水位，控制雜草。有機農法農產品品質比慣行農法略優，如甘藍、蘿蔔與毛豆之品味，甜玉米之甜度及稻米之完整米粒等均比慣行農法表現稍佳，但產品外觀較慣行農法為差。有機農法區平均每年施用 30 餘噸堆肥，其所含磷、鉀、鈣、鎂總量高於慣行農法者，故在有機農法實施六年後，土壤中 Bray 法有效性磷含量、交換性鉀、鈣、鎂含量均較慣行農法增加；土壤有機質含量亦逐年增加，保持土壤水份能力增加，團粒安定度提高，土壤總體密度較低，孔隙率則無顯著差異。整體而言，永續性農耕法連續實施六年後對氮以外之養分供應及土壤性質之改善均有效果而有利於地力之維持。

2. 生物肥料之開發與應用

微生物肥料種類甚多，依功能可區分為固氮，增進溶解無效性營養，增進營養吸收、根系生長及有機物分解，改善土壤理化性解毒，增進植物耐抗性，保護根系等等菌類。近年國內開發成功之生物肥料有毛豆根瘤菌由單一菌種發展到目前的複合菌種，已在高屏地區做大面積的推廣，成效顯著。溶磷菌及菌根菌都已完成分離及篩選工作，正進行洋香瓜、花卉、蔬菜之推廣試驗中。經濟豆科作物之根瘤菌之試驗已有結果並將進入推廣階段。

3.非農藥方法防治作物病蟲害技術

作物病害非農藥防治目前在臺灣推廣的有生物防治、土壤添加物防治、抗病育種、無病毒種苗或種薯、交叉保護、甲硫氨酸與核黃素防治瓜類白粉病、中興一百防治韭菜秀病及利用絲瓜抗病根砧防治苦瓜萎凋病等。在作物蟲害非農藥防治方面有生物防治、抗蟲育種、昆蟲性費洛蒙應用、黃色粘板誘引害蟲、不孕性昆蟲技術及滅雄處理技術防治東方果實蠅、赤眼寄生蜂應用於玉米螟防治、以草蛉防治有害害蟲、果實蠅防治用改良型麥氏誘殺器之開發、寶特瓶防治葡萄園扁蝸牛及溫水處理種球防治根璊等。

4.農產品安全用藥之推廣

農林廳為了推廣農民正確之使用農藥，以保護農作物，及並避免農產品受到農藥殘留，設計農產品安全用藥之標章（吉園圃），於 1994 年七月開始推廣，此吉園圃之推廣以農林廳輔導所組之產銷班為推廣重點，希望以全體之力量互相鼓勵及監督，目前經輔導及檢測合格者，約為 100 班。

（五）永續農業示範推廣

1.土壤改良與合理化施肥技術推廣

臺灣強酸性土壤面積廣布，有三分之一耕地土壤之 pH 值在 5.5 以下，將限制豆類、蔬、果等作物生產，因此政府推廣施用矽酸爐渣、石灰石粉等石灰資材予以改良，以增進土壤生產力，每年推廣一萬兩千多公頃。另為輔導農民合理施肥，矯正土壤與作物營養缺失並避免不必要之施肥浪費與污染，在十種果作及茶樹推廣應用土壤與葉片營養診斷技術訂定經濟合理施肥種類與用量，每年辦理五千件以上。

2.有機質肥料之使用推廣

臺灣地處熱帶及亞熱帶，高溫多濕，微生物活動大，致使土壤中有機質換率(Turnover rate)高，約為溫寒帶地區的 4 倍，因此土壤中有機質不易累積，根據農試所調查本省農田土壤肥力測定報告指出全省耕地土壤有機質含量 2%(屬含量低)以下者約佔 65%，因此可見本省耕地有機質含量偏低。另一方面，本省每年有大量農牧業有機廢棄物產出，亟需妥善處理，做成堆肥，回歸農田，以循環利用養分、增進土壤生產力並防止污染。政府有鑑於此，行政院農委會及農林廳遂於 1989 年開始辦理有機質肥料之使用推廣計畫，從 1990～1994 五年來共有小面積(每處 0.3 公頃)示範 206 處，大面積示範分為長期作物及短期作物，每 10 公頃一處，短期作物共 395 處，施用有機質肥料面積 3950 公頃，長期作物 548 處施用有機質肥料面積 5480 公頃，短期作物種類有西瓜、牛蒡、花生、茄子、水稻、甜玉米、冬瓜、紫蘇、草莓等，長期作物有楊桃、木瓜、柚子、文旦、柑橘、葡萄、枇杷、茶樹、龍眼、竹筍、荔枝、梅、蘆筍、蓮霧、芒果、棗子、柿子、番石榴、水蜜桃、番荔枝、百香果、破布子等，有機質肥料之用量長期作物為每公頃施用 8000 公斤，短期作物為 4000 公斤。

3.綠肥作物之栽培與推廣

栽培綠肥作物是維護農田地力最經濟措施之一，政府為兼顧農業生產及地力維護，積極鼓勵農民利用農田休閒期或休耕期間栽培綠肥作物，除可減少後作施氮量外，兼具綠化或美化鄉村景觀，充裕冬季蜜源及疏減冬季蔬菜生產過剩之壓力。因此，農林廳、區改良場及各縣市政府，在農林廳之籌劃下從 1990 年以來補助綠肥種子，而逐年擴大綠肥栽培面積（表一）。

表一、近年來本省綠肥栽培面積(公頃)

綠肥種類	年度					合計
	1991	1992	1993	1994	1995	
田菁	1670	3886	7431	9900	8740	31627
油菜	7700	9000	16231	26846	33990	93767
埃及三葉草	600	2850	4846	9060	10490	27846
苕子			925	4348	650	11323
合計	9970	15736	29433	50154	59270	164563

五年來田菁栽培面積以臺南縣 17,250 公頃最多，次為嘉義縣 10,148 公頃，二縣合計栽培面積為 27,398 公頃，佔田菁栽培總面積之 87%左右，油菜則以雲林縣 39,280 公頃為最多，臺中縣 23,540 公頃次之，彰化縣 12,416 公頃，三縣合計有 75,236 公頃佔油菜栽培面積之 80%，埃及三葉草栽培面積以苗栗縣 20,600 公頃為最多，彰化縣 5,706 公頃次之，二縣合計 26,306 公頃佔埃及三葉草栽培面積 94% 強，苕子則以彰化縣栽培 10,953 公頃最多佔苕子栽培總面積 94%左右。此四種綠肥作物除田菁雖是以夏作栽培為佳，但南部地區春作或秋作亦可栽培，其餘的油菜、埃及三葉草及苕子則為秋冬裡作農地休閒栽培之綠肥作物，高屏地區水稻－水稻－毛豆 (或紅豆) 之輪作區，因農地幾無休閒之時，因此無人栽培綠肥作物，但毛豆植株或紅豆殘體回歸田裡，對農地土壤有機質含量之增進極有幫助，但蓮霧園、香蕉園或檳榔園鼓勵農民於夏秋間種植田菁以防土壤表土因下豪雨沖蝕實值得探討。

4.生物肥料使用推廣

生物肥料是指一些有益的活微生物接種於種子或施用於幼苗、土壤或分解物上，所以可稱為接種劑，生物肥料種類很多，不外乎與營養元素的來源與有效性有關，或作物吸收營養能力及抗病有關。在本省生物肥料較有具體成果的有大豆根瘤菌及內生菌根菌，前者接種於毛豆可使毛豆植株主根之根瘤數及根瘤重明顯增加，因此，吸收及固定空氣中游離氮素之效力大幅提高。在同施等量肥料之情況下有接種大豆根瘤菌者較無接種者可增加根瘤數 10%以上，根瘤重則增加有

14.2%之多，合格莢產量亦可增加 12%以上，從 1988 年春開始生物肥料使用推廣以來，共接種有 17,002 公頃，茲將七年來毛豆接種大豆根瘤菌之面積及收益情形（表二）。

表二、歷年來毛豆接種大豆根瘤菌之面積及收益情形比較表

年別	期作別	接種面積(公頃)	接種區較農民慣行施肥區增加收益(元/公頃)	接種大豆根瘤菌總收益(元)
1988	春	112	13,790	1,544,480
	秋	760	13,861	10,534,360
1989	春	610	14,429	8,801,690
	秋	1,220	15,635	19,074,700
1990	春	830	13,510	11,213,300
	秋	1,840	13,795	25,382,800
1991	春	1,200	13,729	16,609,670
	秋	1,890	8,750	16,537,500
1992	春	1,580	9,175	14,496,500
	秋	1,930	5,019	9,686,670
1993	春	1,550	4,338	6,723,900
	秋	1,980	5,438	10,767,240
1994	春	1,510	6,781	10,239,310
合計		17,002		161,612,120

內生菌根菌方面已實際應用於洋香瓜及西瓜之育苗，將內生菌根菌與育苗之介質或泥土混合置於穴盤或育苗袋上，有助於幼苗之成活率且瓜苗健旺根部發育佳，可提早一星期採收，果實品質顯著提高，同時磷肥之施用量亦較不接種菌根菌之處理減少一半以上，生產成本因而降低，每公頃增加收益約 200,000 元，1992～1995 推廣接種菌根菌面積洋香瓜 1415 公頃、西瓜 270 公頃、苦瓜 20 公頃，共計 1705 公頃。

5.有機農業可行性之觀察及經營示範

有機農業經營是一種講求運用現有生物科技，自然生態法則，祛除或儘量少用合成肥料及農藥，以期維護地球環境品質，確保農業持久生產力，為了使有機農業經營示範工作更落實，因此採取如下措施輔導農民設置簡易堆肥舍，利用自產或鄰近之農畜產有機廢棄物製造

堆肥自給自足供農場使用，輪作中栽培豆科作物或綠肥替代化學肥料之使用，配合生物防治及輪作制度，袪除或儘量少用合成性肥料及農藥，以生產健康自然農業產品並兼顧生態保育之平衡。二年來在全省各區共輔導農民設置簡易堆肥舍 1,100 坪，作物栽培面積 159 公頃，作物種類包括有柑桔、水蜜桃、楊桃、梨、荔枝、芒果、文旦、木瓜、鳳梨、茶樹、甜桃、薏苡、水稻、蔬菜，期盼得以逐年擴大栽培面積，使產品能大量供應於市場，供消費者享用。農林廳更預定在 1995 年 7 月起擴大有機農業經營示範工作，推廣作物及面積（表三）。

6.農牧廢棄物處理之推廣

目前本省農牧廢棄物主要是以畜產廢棄物佔最大宗，全年總產量近 1,500 萬公噸 (根據鄭健雄、蔡宜峰 1995 年的概估) ，其中以豬糞 862 萬公噸最多，雞糞 508 萬公噸次之；其次農產廢棄物全年總計約 530 萬公噸；菇類廢棄物全年亦有 5 萬公噸左右。以上這些廢棄物因大部份均未妥善處理，隨意棄置，造成農村生活環境嚴重污染。若從資源回收再利用的立場來看，這些農牧廢棄物大部份為有機質，為一寶貴資源，可回歸農田做為作物生產之有機質肥料，更可做為今後本省實施永續性農業時有機質肥料之主要來源。近幾年來省農林廳為促進農牧廢棄資源的有效利用，達到農業之永續發展，大力推動地區農牧複合經營，透過「農地利用綜合規劃」的實施，將各地區所產之農牧廢棄資源有效共同處理與利用，相繼輔導設置「農牧廢棄資源處理中心」，目前已設廠生產有機質肥料之農牧廢棄資源處理中心包括台中縣新社鄉、雲林縣崙背鄉、嘉義縣中埔鄉、民雄鄉及台南縣佳里鎮等 5 處。

(1)崙背牛糞處理中心

該中心位於雲林縣崙背鄉，為本省農牧廢棄資源處理之先驅，民國 73 年成立迄今，民國 84 年社員合計 46 人。民國 76 年開始辦理農地利用綜合規劃實施計劃，籌設崙背牛糞處理中心，78 年正式運轉，79 年「崙背牛糞」有機肥料問世。牛糞處理中心，主要原料以社員飼養之乳牛牛糞為主，目前處理場土地面積 1.5 公頃左右，處理過程大都以全自動機械操作，現場工作人員則僅負責包裝作業部份。目前該

中心每天生產 5 噸有機質肥料，成品包裝為每包 25 公斤，平均一天生產 200 包，年產量約 70,000 包。

(2)佳里農牧廢棄資源處理中心

該中心位於台南縣佳里鎮，為本省農民共同經營班創設農牧廢棄資源共同處理利用之先例，係由佳里鎮後庄區段農牧共同經營班班員 16 人共同組成，成立宗旨為解決鄰近鄉鎮及班員所飼養乳牛和菇類生產所產生之廢棄物，造成農村環境嚴重污染問題，並希望將腐朽化為神奇，幫助農地恢復生機，遂於民國八十年辦理，民國 83 年 7 月正式運轉，開始生產「佳興牌」高級有機質肥料。中心主要原料為菇類木屑廢包、雞糞、牛糞及蔗渣、米糠，其中菇類太空包廢料免費外，雞糞、牛糞均由處理中心，處理中心佔地約 1.5 公頃，採半自動作業進行醱酵及翻堆，每星期翻堆一次，均以人工操作機械進行翻堆，每天最大生產量可達 25 噸，因礙於銷售網未打開，致目前每天僅生產 10 噸成品，約 400 包(每包 30 公斤)。

(3)中埔鄉農牧廢棄資源處理中心

該中心位於嘉義縣中埔鄉社口區，此區為本省重要菇類栽培專業區，產有鮑魚菇、木耳、芹耳、靈芝等菇類為主，於民國 81 年由經營班班員共同投資設置此處理中心(佔地 1.5 公頃)，以回收木屑太空包廢包再添加雞糞、花生粕等原料處理，生產高級有機質肥料並經全體班員一致同意命名為「濟公牌」有機肥料(1 號肥)。處理中心主要原料來自班員所生產之木耳、鮑魚菇、芹耳等廢包，由班員自行將廢包載送至處理場後，該中心目前產品「濟公牌」1 號肥及 2 號肥(83 年 11 月開發上市 2 號肥) 二種，83 年生產 28,000 包，平均每天 800 包，自 81 年建廠生產至 84 年業績成長 3 倍左右。

(4)嘉義縣豬糞有機堆肥集中處理中心

該中心設於嘉義縣民雄西昌村，為嘉義縣農會所經營之農牧廢棄處理中心，中心主要原料來源為嘉義縣養豬場及部份雲林縣養豬場之固形廢棄物，其次為太空包廢棄物 (以嘉義縣境為主要收集區)。

(5)新社鄉農牧廢棄資源處理中心

該中心位於台中縣新社鄉中和區，附屬於中興合作農場，此農場

自民國 62 年成立，為一具歷史性之農場，民國 79 年配合政府「農地利用綜合規劃計劃」投資籌設現代化農牧廢棄資源處理中心，目的為有效解決該鄉香菇廢包之環境污染，並改良土壤，增進地力進而推動地區農牧複合經營，發展永續農業。民國 80 年農牧廢棄處理中心落成啟用，處理中心主要原料為新社鄉一帶之香菇太空包廢包，有機肥料每月最大產能約 2 萬包(每包 25 公斤)，銷售主要以台中縣境最多。

表三、農林廳舉辦之有機農業經營的地區、作物及面積

場所	作物別	面積（公頃）	地點
桃園區農業改良場	水稻	1.0	中壢
	蔬菜（葉菜類）	4.0	桃園、中壢、平鎮、楊梅
	果樹（楊桃、桶柑）	3.0	寶山、卓蘭、峨嵋
台中區農業改良場	水稻	13.0	埤頭、草屯、后里
	蔬菜（葉菜類、草莓）	11.5	埤頭、福興、東勢、新社、國姓
	果樹(楊桃、葡萄、蕃石榴、桃、枇杷)	16.0	員林、大村、新社、社頭、溪洲、東勢、太平
台南區農業改良場	水稻	6.0	莿桐、柳營、虎尾、西螺
	蔬菜（葉菜類）	8.5	西螺、新港、白河、七股、朴子、鹽水
	果樹(文旦、椪柑、柳橙、木瓜)	11.0	古坑、竹崎、山上、玉井
高雄區農業改良場	水稻	1.0	美濃
	蔬菜（葉菜類）	1.6	屏東、澎湖
	果樹（印度棗、蓮霧）	10.0	鹽埔
花蓮區農業改良場	水稻	22.0	富里、玉里
	蔬菜（葉菜類）	0.1	花蓮
	果樹（文旦）	3.0	瑞穗、玉里
台東區農業改良場	水稻	3.0	池上、關山
	果樹（番荔枝）	2.0	大麻里
鳳山園藝試驗分所	果樹（木瓜）	10.0	高樹、旗山、杉林
茶業改良場	茶樹	5.0	楊梅、龍潭、苗栗

永續農業生產技術

現就有關永續農業生產之一些技術略述如下：

（一）土壤培育

在自然界中養份是一種循環作用，但在農業生態系中，養份之循環會因農作物之收穫而損失，為了使農業能永續發展，如何使土壤減少流失、最小之氨的蒸發及減少硝化作用等；又如何增加氮肥如生物性之固氮及施用有機質肥料以增加地力。

（Ⅰ）堆肥材料之來源

本省之堆肥材料之來源主要有豬糞、都市廢棄物、稻草、甘蔗葉、玉米稈、禽畜糞、果菜市場廢棄物及其它廢棄物（表四），這些物質是作為有機堆肥很好之材料。

表四、台灣每年主要廢棄物之種類及數量

有機廢棄物種類	年產量（萬公噸）
豬糞	600
都市廢棄物	404
稻桿	260
禽畜廢棄物	250
甘蔗葉	210
稻穀	60
食品工廠廢棄物	60
玉米穗軸	20
果菜市場廢棄物	9
樹皮	5

（II） 堆肥之製作

將有機廢棄物回歸于農田，已是現今消納有機廢棄物之重要方向之一。有機廢棄物經過適當處理以克服有毒重金屬及有機成分等限制因子後，不僅可以提供作物營養源，且有利於土壤的理化性及生物性之

改善。有機質所含化合物成分在土壤中經過微生物之礦化作用釋出無機養分。但堆肥完熟之偵測過程中有下列方式：(1)有機質礦化潛力：有機質礦化潛力即可定義為有機質可利用性養分潛力(PAN, Potentially Available Nutrient)。有機質在土壤中礦化作用受到許多因子影響，如土壤特性(質地、結構、有機質含量等)、降雨量、土壤環境(溫度、水分、pH 值)、有機質本身的特性、施用量及施用時期等。一般有機質必須礦質化後才能釋出養分供作物吸收，其礦化釋出養分太早、或累積太多、或待作物生長旺期過後才釋出者，對作物生長及土壤環境皆不利，因此要使有機質肥料有效性發揮最大，必須使有機質肥料的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相合，所以瞭解有機質肥料的礦化速率大小，才能達到經濟且有效地使用有機質肥料。因此尋求合理迅速的分析方法以估算有機質肥料可利用性養分潛力及礦化速率之大小，將是有機廢棄物處理工作上極為重要的步驟之一。(2)微生物含量之測定：分析 ATP 或被固定下來氮之含量來表示。綜合法微生物生質量化的方法有：有(i)消毒培養法(The fumigation-inoculation method)，(ii)消毒萃取法(The fumigation-extraction method)，(iii)基質誘導呼吸法(The substrate-induced respiration method)測定生質氮(biomass N)，(4)最簡便的方法是測定生質氮，也考量微生物質量的數學模式，以便預估基質與代謝物間的反應，以便預估反應速率及最後的微生物性質。許多堆肥中微生物不能以傳統方法測定，所以應用分子生物學技術測定微生物社會之變化可分析 DNA，測定 DNA 之重新結合或測定 RNA 以 16S rRNA 為探針。這種理論可用於區分混合培養或環境中微生物，此外，這種技巧可用於偵測未知的微生物或基因或不能培養之微生物。因此在有逐次生物反應進行之土壤或開放池溏中參予氮循環之微生物和堆肥中微生物均可用此法測出。

（III）堆肥的穩定化

在探討有機農業之利用中，應該注意堆肥腐熟及穩定化的問題。評估堆肥穩定化之參數極多，有些在描述醱酵過程中由微生物代謝反應所引起的物理性或生化性的變化，如溫度、臭味、吸收率、微生物相等。

另外一類則偵測醱酵最終產物之堆肥特性評估指標，如碳氮比、陽離子交換能力等，則會因堆肥基質成份的不同而有所不同，因此，欲僅以一個參數作為堆肥穩定化的指標，實際上是不可能的，應針對不同來源或不同用途的堆肥，提出數個參數，互為補充參考，一起考量作為堆肥穩定化的判斷。即有關堆肥穩定度的量測指標，沒有單一的參數可以正確的評估，因此確實的標出堆肥的原料、醱酵方式及建議施用的作物及施肥量，來作為管制堆肥品質的可靠方法。至於堆肥穩定度的評估，則必需有多個指標參數，理論上配合作物發芽率試驗，確定堆肥中不具有害物質為較可行的方法。但最簡單的方法是加水保溫後沒有臭味者，表示此為腐熟的堆肥。

(IV) 有機質肥料之施用

為了減少化學肥料對土壤之破壞，作物生育期間氮肥之使用可以利用施用有機質肥料來加以補充，不同有機質肥料所含之氮肥比率不同，施用到田間之數量也就不同（表五）；不同的作物對有機肥料之需要量也不同，故必需依靠作物而使用適當量（表六）；適當的使用有機質肥料比使用化學肥料對於作物之生長

更有促進的作用（表七、八、九）

表五、在台灣使用堆肥之施用量

有機肥料	普通施用比例（公噸/公頃）
普通堆肥	10-30
牛糞	10-30
都市水肥	10-20
稻穀	10-20
豬糞	5-10
禽糞混合稻殼	4-12
禽糞	2-6
黃豆餅	1.5-3
米糠	1.5-3
骨粉	0.5-1

表六、不同作物在不同時期中施用有機質肥料之用量

作物	施用時期(月份)	施用量(噸/公頃)	建議用量(噸/公頃)
葡萄	12-2	6.0	6.0-12.0
茶樹	10-2	6.0	20.0-25.0
觀賞作物	10-4	3.0	10.0-20.0
梨樹	10-1	10.0	20.0
柑橘	12-2	9.0	20.0
枇杷	4-5	6.0	20.0
杏	9-10	9.0	10.0-20.0
蕃石榴	3-4	2.5	20.0
鳳梨	10-12	30.0	15.0
薑	10-12	40.0	20.0-30.0
甜瓜	1-3	3.5	10.0
蔬菜	1-4	3.5	10.0-20.0
滿天星	1-2	3.0	12.0

Source:Chen and Tsai 1993

表七、施用有機質肥料對玫瑰生育之影響

處理	切花產量(千朵/公頃)	收穫指數(%)	等級(千朵/公頃)		
			一	二	三
有機質肥料	168.4	107.9	77.7 (46.1%)	64.3 (38.2%)	26.4 (15.7%)
化學肥料	156.1	100.0	65.1 (41.8%)	62.4 (39.9%)	28.6 (18.3%)

Source:Tsai and Chen 1993

表八、施用有機質肥料對唐菖浦生育之影響

處理	切花產量(千朵/公頃)	收穫指數(%)	等級(千朵/公頃)	
			品質好	品質差
有機質肥料	138.8	109.6	126.6 (91.2%)	12.2 (8.8%)
化學肥料	126.7	100.0	113.3 (89.4%)	13.4 (10.6%)

Source：Tsai and Chen 1993

表九、施用有機質肥料對玫瑰生育之影響

處理	切花產量(千朵/公頃)	收穫指數(%)
有機質肥料	35.9	129.5
化學肥料	27.7	100.0

Source：Tsai and Chen 1993

（二）病蟲害之非農藥防治

（Ⅰ）病害非農藥防治

(1)生物防治

從自然界中篩選病原菌之拮抗菌，經人工大量培養後，將它施用於土壤中、作物根部、作物表面或種子上，可以達到病害防治的目的。這些拮抗菌原來已存在於該環境中，只是因數量不夠，未能有效抑制病原菌，若把其數量增加，且可以在自然界建立其族群，則可收到防治病害的效果。另有的拮抗菌原不存在於該環境中，必須以人為方式引進施用。拮抗菌防治病害之作用因種類的不同而有所不同，有的只

是和病原菌競爭營養，即所謂「競生」；有的是分泌抗生素抑制病菌的發芽與生長，即所謂「抗生」；有的則直接寄生於病原菌上，造成病菌的解體死亡，即所謂「重寄生」；另有的則是在作物表面上生長形成保護層，使病原菌無法造成感染。國內屏東農專植保科以木黴菌屬(Trichoderma sp.)拮抗菌在田間防治紅豆根腐病，於紅豆植穴中添加約 1 克之稻穀米糠拮抗菌培養物或以拮抗菌孢子懸浮液包覆紅豆種子上，顯著的增加了紅豆健康植株數 14 至 56%，且每株產量也明顯增加。又臺灣省農業試驗所植物病理系亦嘗試以木黴菌來防治腐霉病菌、立枯絲核病菌、及菌核病菌所引起的病害，其防治策略有下列幾項步驟：(1)首先利用粒劑撒佈處理土壤，以便建立抑病土及增加植物活力。(2)隨後每月噴灑孢子懸浮液一次，以抑制葉部時期的病害。(3)最後在環境較適合病原菌生存時每週噴灑孢子懸浮液一次，以產生較好的病害防治效果。而台大植物病蟲害系將菊花扦插苗以 Bacillus cereus 處理，菊花苗在雖有立枯絲核病菌存在的沙床中，仍然可以生長發育正常，甚至於比用殺菌劑及生長調節劑處理者呈顯著性差異（表十）。

表十、利用枯草桿菌防治菊花根腐病

Treatment	Length of roots (cm)	Disease index
CK	2.02b	55.4a
B. cereus	3.54a	27.0b
Benomyl+ 0.1% NAA	3.05ab	34.1b

1.The population of R. solani in sand bed was 5 propagules/g soil. 1000 cuttings were used for each treatment.
2.CK, chrysanthemun cuttings were treated nothing;Bc and benomyl+0.1% NAA, cuttings were treated with powder-formulated B. cereus or benomyl+0.1% NAA.
3.Disease was rated as 0, healthy;1,one lesion on stem or leaves,damping-off or dead. Disease index was calculated as (disease rate×no. of plant in specific related disease catagory/4×total tested cuttings)×100%.
4.Data, followed by the same letter in the same column, were not significantly (p=0.05) different analyzed by Duncan's multiple range stest.
5.ref. of Wu,199

(2)土壤添加物防治土壤傳播性病害

以土壤添加物防治病害早有報導，但近年來才受到植病專家廣泛的注意和探討。土壤添加物可分有機物添加、無機物添加物或二者混合添加等。最常用的有機添加物如木屑、苜蓿粉、蔗渣、豆科植物、大麥、裸麥及堆肥等，其防病機制為促進土壤中有益微生物的繁殖，因而抑制病原菌的生長與繁殖；另外有機物被微生物分解後，可產生多種作物所需之養分，故能促進作物的生長，一舉兩得。無機物添加則必須研究分析土壤中缺乏何種無機物令作物較易得病，那麼適量添加該無機物到土壤內即可防治該病害。中興大學植病系研製的 S-H 土壤添加物對蘿蔔黃葉病、西瓜蔓割病、芥菜根瘤病、胡瓜疫病（表十一）及豌豆根腐病防治效果卓著，頗受國際間重視。該系另一項研究以碳酸鈉及礦灰防治十字花科根瘤病，發現處理的土壤酸鹼值達 7.1 以上者，發病率只有 1～9%。農業試驗所以 AR-3 土壤添加物防治百合白絹病，也獲良好成果。可見以土壤添加物來防治土傳性病害極具潛力（表十二）。

表十一、S-H 土壤添加物對胡瓜立枯病之防治

Treatment	No. of oosporeslgisoil (% bait colonized)					Damping	Yield
	0	10	20	30	40	Off(%)	(g/plant)
	Days after treatment						
CK1	123(98)	97(100)	68(100)	40(100)	40(100)	57	33
CK2	105(92)	76(100)	60(100)	35(100)	38(100)	89	42
Urea	112(92)	22(58)	5(58)	7(40)	3(25)	22	129
S-H mixture	98(90)	10(48)	10(48)	10(50)	7(50)	13	121

1.Significantly different at 5% level by Duncan's range test.
2.Ref:Lin,Y.S. and Lo,C.T. 1988.

表十二、土壤添加 1%量苦茶渣對 AR3 防病之影響

Treatment	Disease severity (%)			
	6wk	7wk	8wk	9wk
AR3	0	5.6	5.6	16.7c
Oil tea dreg	22.2	44.4	75.0	91.7a
AR3+Oil tea dreg	0	16.7	27.8	50.0b
None (Check)	22.2	30.6	47.2	58.3b

Soil contained 10 sclerotia per 100 cm3 soil was amended with 1%(w/w) AR3 mixture and incubated for 7 days, then planting.
Disease was divided into 5 scales,0=No yellow,1=1/4part of plant turns yellow, 2=1/2part of plant turns yellow, 3=3/4part of plant turns yellow, 4=plant wilts and dies. Disease severity= Σ(scale×number of diseased plants at relative scale) /4 ×total number of plants
Weeks after planting.
All values are means of four replicates, with 3 plants per replicate. Values followed by the same letter in each column are not significantly different at p=0.05 according to Duncan's multiple range test.

(3)抗病育種

利用抗病或耐病品種來防病永遠是最理想的防治策略,問題是抗病品種的育成頗費時間與人力歐美日各國對重要作物病害皆長期投下巨資，集合病理及育種專家進行抗病育種工作。某些病害一旦抗病品種育成，即可一勞永逸。另有一些病害則因其病原菌容易變異，抗病品種育成推廣後,只能維持若干年，即變為感病，此時必須再推出新的抗病品系對抗，所以育種工作永遠無法停頓。最近在抗病育種上有兩項重大成就；一是香蕉研究所病理專家以組織培養變異苗選育出的香蕉抗黃葉病品系，田間調查顯示抗病品種之黃葉病平均發病率為 4.8%，而北蕉(感病品種)之發病率則高達 9.1%（表十三）。另一是番茄青枯病之抗病育種，已先後育成許多耐熱抗青枯病之品種，如種苗一號、台中亞蔬四號、花蓮亞蔬五號及種苗 5112；上述兩者皆已推廣給農民。今後應結合病理及育種專家，針對重要且難以防治之作物病害，進行抗病育種分工合作研究。

表十三、GCTCV-215-1 與北蕉黃葉病發病率程度比較

品 種	種　　苗	種植株數	發病率(%)
215-1	組織培養苗	1,538	17.3b
	吸　芽　苗	1,080	10.8a
北 蕉	組織培養苗	673	70.6d
	吸　芽　苗	436	57.3c

1. 組織培養苗在 8 筆蕉園種植；吸芽苗在 5 筆蕉園種植之平均值。
2. 不同英文字母表示差異顯著(Duncan's Multiple Range Test,p=0.05)。

(4)無病毒種苗或種薯

毒素病為系統性植物病害，因病原在植物體內分佈成系統性，甚至可以到達種子，所以不管種子繁殖或無性繁殖，皆可把病傳到下代。這類病害目前尚無法防治，只能靠組織培養繁殖無病種苗或種薯，供應農民種植。國內在馬鈴薯無病毒種薯的供應體系最早建立，其方法乃取生長點培養，所生長出的小植物，在大量繁殖前，事先經過，血清反應、判別植物接種及超高速離心機一系列的分離與電子顯微鏡觀察等三道不同性質的檢查，確定無病毒存在的培養體，即所謂的「基本種原」，才進行大量繁殖，所得之基本種，應用時為了要降低種薯之生產成本，經過原原種、原種及採種三級繁殖制度，每級生長的期間，分初期、中期、後期，經過種子檢查室檢查，最後所得之種薯供農民栽培。百香果由於遭受木質化病毒的普遍感染，產量銳減，品質低劣；農試所植病系試驗証實，應用無病毒百香果苗經由適當栽培時期之選擇，可順利延後病毒病害之發生，提高百香果之產量與品質及果農之收益。另外農試所植病系利用 BICMV 及 CMV 病毒之抗血清篩選出無病毒豇豆植株，栽培於網室中採收種子即為無病毒原原種。嗣後由種苗改良場續以田間網室大量採種，供農民栽培。為了解無病

毒種子於田間實際栽培後對病毒病之防治效果，其共進行三次田間試驗，結果証實栽植無病毒豇豆種子確實可以延遲病毒病之發生，因此提高豇豆之產量、品質與農民之收益。

(5)交互保護

交互保護主要用於病害防治，即作物先行接種輕症系統病毒，可以避免再遭受強症系統的感染，而收到病害防治的效果，唯目前成功的實例不多。交互保護之利用一般有二個原則：(I)此病害造成嚴重的經濟損失，(II)缺乏其它較有效之防治方法。交互保護法之研究可分為幾個步驟：(A)篩選輕症系統病毒，(B)溫室內初步評估，(C)小區試驗，和(D)大面積區域試驗。以上步驟須依序完成，而且下一步驟之試驗方法是建立在上一步驟之試驗結果上，因此每一步驟之試驗目標與設計，均需經過審慎研究。中興大學及鳳山分所，應用交互保護防治木瓜輪點病獲致成功。雖然其輕症系統未能完全保護木瓜免受強症系統病毒的再感染，但可以延遲發病，增加產量及收益。

(6)甲硫氨酸與核黃素防治瓜類白粉病

中興大學植病系研發的甲硫氨酸與核黃素混合物(簡稱 MR)，其光動效應對微生物具有強而廣效性殺生能力，MR 對多數病原微生物的快速致死作用，顯示其在防治某些傳染性植物病害甚具潛力，而兩主要成份俱為絕大多數生物所需之營養成分，在使用上不致有污染、殘留及危害生態環境之顧慮。MR 光動效應過程中，所產生之強反應性的各種激活態氧衍生物如 O2，O2-1，H2O2 與 OH 等，為其強殺生作用之主要原因。目前 MR 已商品化，其商品名稱為「地吉」，推薦在瓜類白粉病的防治。

(7)「中興一百」防治韭菜銹病

利用 44 公斤甘藍下位葉、10 公斤菸葉渣、5 公斤氯化鈣、1 公斤牛肉煎汁與 30 公斤 S-H 混合物，在 200 公升 Hoagland`s 水溶液中發酵製成的植物營養液「中興一百」(CH100)可以有效抑制韭菜銹病的發生率，並增進植株的發育與提高韭菜的產量約為對照不施用者的 1.3 倍（表十四）。

表十四、合成植物營養液「中興一百」防治蔬菜病害的效果

Plant Pathogen	Crops	(%) Disease Severity	
		CH100	CHECK
Puccinia allii	Leek	0.85B	14.3A
Erwinia carotovora	Potato tuber slices	67.2B	95.0A
Erysiphe cichoracearum	Cucumber	14.4B	34.2A
Alternaria brassicicola	Chinese cabbage	42.0A	45.2A
Phytophthora capsici	Pepper	100.0A	100.0A

Between columns of CH100 and Check for disease severity each pathogen, means(n=4) followed by the same letter are not significantly different at P=0.05 based on student's t-test

(8)利用絲瓜抗病根砧防治苦瓜萎凋病

苦瓜萎凋病在苦瓜栽培田普遍發生，據中興大學植病系研究該病原菌僅危害苦瓜和矮南瓜，其他瓜類作物則具有強抵抗性或免疫性，其中南瓜、扁蒲和絲瓜皆與苦瓜有嫁接親和性，但南瓜嫁接苦瓜的成治率不高，扁蒲根砧易罹患根腐病，而以絲瓜的抗病性強，最適合做為抗病根砧。尤其頂劈長筒型絲瓜嫁接苦瓜蔓穗的成本最低，品質與產量最好。

(9)利用太陽能防治土壤傳播性病害

在夏季利用透明 PE 塑膠布覆蓋土壤經 3～4 週強烈的陽光照射，提高土壤的溫度，而將土壤中的病原菌殺死，此方法日光消毒。筆者在本省亦曾利用此方法可減少西瓜蔓割病約為 38.8～73.84%，蘿蔔黃葉病約為 60.60%，翠菊萎凋約為 73.43%左右。在本省的試驗則可增加土溫約 9～10℃左右，降低土壤病原菌 Fusarium oxysporum f. sp. niveum, Fusarium oxysporum f.sp. raphani, Fusarium oxysporum f. sp. apii 及 Fusarium oxysporum 的密度約 75～100%。經過覆蓋處理後，除了上述效果外，尚可減少缺株，植株生長良好，此外也可以防治田間雜草（表十五）。

表十五、日光消毒對病害防治之影響

Locality	Disease	Disease incidence(%)	
		Tarped	Nontarped
Pingtung	Fusarial wilt of watermelon	44	72
Fengshan	Fusarial wilt of china aster	11.4	42.9
Taichung	Fusarial wilt of watermelon	23.08	88.24
Shuiching	Radish of yellows	24.12	61.22

(10)木瓜抗病基因轉殖

為了利用植物遺傳工程方式將木瓜輪點病毒(PRV)鞘蛋白(coat protein, CP)基因轉移至木瓜以產生抗病性狀，木瓜轉型作用之進行係以金剛砂製造傷口，經由 Agrobacterium tumefaciens 媒介，將 GUS 或 PRV 5'前導序列表現的 PRV 鞘蛋白基因導入木瓜幼胚分化組織中，並再生成轉基因植株。經由 PCR 及西方漬染法分析，確定 CP 基因存在轉型木瓜株系中，並可表現產生 PRV 的鞘蛋白，計獲得包含 GUS 前導序列的 l0 個株系及 PRV 5'前導序列的 3 個株系。先以組織培養技術繁殖其 Ro 植株，經由發根、馴化，使其在溫室生長兩個月後，進行挑戰接種，以測定其抗病性狀。實驗中以來自臺灣、夏威夷及泰國三個不同來源的 PRV YK、HA 及 TH 系統供試。接種後在溫室中觀察其結果，不表現病徵之植株再以酵素連結免疫呈色法(ELISA)及生物分析偵測是否有病毒增殖。抗病篩選得到四個抗同源 PRV YK 的株系：GCPl6-0、GCP17-0、GCPl7-1 及 GCPl7-3，在此四株系中，GCPl7-1 及 GCPl7-3 對異源的 PRV HA 及 TH 系統仍有高度抗性，GCPl6-0 則對異源病毒只有中度抗性，而 GCPl7-0 的抗病能力為系統專一性的抗病現象，只對同源病毒系統有抗病力。由於 GCPl7-1 及 GCPl7-3 對不同來源的三個病毒系統都有極高的抗病力，其未來可望不受地區限制而能廣泛應用以防治木瓜輪點病毒。

(ll)蟲害非農藥防治

(1)生物防治：

1.赤眼卵寄生蜂防治玉米螟

玉米螟其幼蟲為害玉米，包括葉片、花蕊、莖桿等部分，以致產量損失高達百分之三十以上。利用赤眼卵寄生蜂防治玉米螟，寄生蜂羽化後會找尋玉米螟卵寄生，成效顯著。台灣栽植甜玉米之面積年約一萬五千公頃左右，而甜玉米之生產過程中，玉米螟是最大之限制因素。玉米螟幼蟲能危害玉米葉、莖、雄花穗及果穗等造成甜玉米嚴重之損失。農民為確保其收成，防治玉米螟往往過度施藥，為避免衍生農藥殘毒之問題，政府乃推廣玉米螟綜合防治法，除在玉米生育初期施藥一次外，再釋放赤眼卵寄生蜂寄生玉米螟卵，另推薦噴施蘇力菌以防治未被寄生蜂寄生之卵所孵化之幼蟲。台灣省農業試驗所多年來從事玉米螟生物防治之試驗研究，除開發有效之卵寄生蜂種外，另積極從事蘇力菌誘餌之研發，現已完成調製蘇力菌玉米螟誘餌。此誘餌可誘引玉米螟幼蟲之取食，且因將蘇力菌包埋於內，可防止受陽光紫外線直接照射後影響其殺蟲效果。另外，誘餌表層之膠化物質，在遇濕後能黏貼於施放部位而不需使用展著劑。此誘餌經室內測試對玉米螟幼蟲之致死效力，結果證明效果極佳。無論玉米螟幼蟲為初孵化或已三、四齡，在取食後第二天開始即有幼蟲陸續中毒死亡，而死亡率為 100%。由本試驗可說明，施用玉米螟蘇力菌誘餌，配合卵寄生蜂之釋放，可增強對玉米螟之生物防治效果。

2.釉小蜂防治可可椰子紅胸葉蟲

本省南部栽植椰子達六十萬株，但椰子在生育期間常遭紅胸葉蟲為害，該蟲以幼蟲和成蟲潛伏於心葉內面取食葉肉，使受害心葉無法展開，輕度受害的椰樹生育受阻，結實不良，嚴重受害時則乾枯而死。本省從關島引入其天敵釉小蜂，由於釉小蜂可寄生於紅胸葉蟲蛹體內，使紅胸葉蟲致死，經 2～3 年之釋放，即有效地將紅胸葉蟲加以控制下來。

3.以捕植瑞防治害蟲蟎

利用本地產之溫氏捕植瑞(Amblyseius womersley Schicha)、引進加州捕植瑞(A. californicus(McGregor))、法拉斯捕植瑞(A. Fallacis(Garman))、智利捕植瑞(Phytoseiulus persimilis A,H.)曾在草莓、桑、茶、梨及木瓜上進行生物防治，成效卓著（表十六）。

表十六、臺灣葉瑞 6 種捕食性天敵之食量

Predators	Feeding amount		Reference
	Larvae	Adult	
Stethorus sp.	270	780-1260	(7)
Stethorus loi	154	700-900	(21)
Oligota sp. A	300	700-1100	(7)
Oligota sp. B	333	440	何(未發表資料)[3]
Arthrocnodax sp.	150	---	何(未發表資料)[3]
Mallada basalis	1011	NA	吳(未發表資料)[4]

1.O.coffeae, room temperature, multi-generation.
2.P.citri, 25-30℃.
3.T. kanzawai, 28℃.
4.Corcyra cephalonica 25℃.

4.微生物殺蟲劑的開發

蘇力菌、黑殭菌為微生物殺蟲劑，係生物防治最具成效之一種。蘇力菌為商品化且使用已久的一種從國外引進之生物製劑。本省已推薦用於蔬菜小菜蛾、菜心螟、大菜螟、紋白蝶、擬尺蠖及茶蠶、松毛蟲等之防治上。而黑殭菌則為近年來本省學者自行發現萃取、提煉、培養研究成功之微生物殺蟲劑，陸續在蔬菜、稻作害蟲上做防治示範工作，為無毒安全且頗具潛力之微生物治蟲工具。

4.利用草蛉生物防治

利用外米綴蛾卵及人工飼料膠囊大量繁殖草蛉技術已達商業化生產之階段，可以全年大量生產草蛉當作天敵使用，已正式推廣農民在蔬菜、花卉、果樹及茶等不同作物使用，防治葉瑞(leaf mite)、蚜蟲(aphid)、粉蝨(white fly)、介殼蟲(scale insects)、潛葉蠅(leaf miner)、潛葉蛾(leaf miner)等小型害蟲，可以大幅減少殺蟲劑之使用次數，朝永續農業之理想目標邁進。目前推廣主要方向為網室木瓜約一百公頃、草莓五十公頃、茶樹及印度棗樹各約十公頃、有機蔬菜約數十公頃，推廣面積仍逐年增加中。

(2)昆蟲性費洛蒙在蟲害管理之應用

性費洛蒙在蟲害管理使用可分為兩大部份，一為作為監測害蟲的工具，另一為像農藥一樣用來防治害蟲。利用在蟲害的監測上，可測報害蟲的發生期，發生量、分布區域及危害程度；要達到準確的監測害蟲，必須建立標準的監測技術，包括決定誘蟲器的類型、誘餌、以及在田間設置的技術等，並且建立誘蟲數與田間害蟲發生量或作物受害率之關係，作為監測害蟲之依據。利用性費洛蒙防治害蟲的方法約可分成三種，即大量誘補法、交配干擾法及和其它生物藥劑組合使用技術。大量誘補法為在農田中大量設置性費洛蒙誘蟲器誘殺田間雄蛾，導致田間雄蛾比例嚴重失調，減少雌雄間的交配機率，使下一代蟲口密度大幅降低。交配干擾法為利用高劑量的性費洛蒙、性費洛蒙類似物或性費洛蒙抑制劑來干擾雌雄間的交配通信聯繫。性費洛蒙和其它生物藥劑合用技術為利用性費洛蒙誘蟲器引誘雄蛾，讓被誘的雄蛾感染病毒、原生動物、或接觸化學不育劑等後返回田間，經由交配感染來達到防治害蟲的目的。台中場在農委會、省農林廳、彰化縣政府、福興鄉農會各方面之配合下，自民國 77 年至 80 年連續 4 年在冬季豌豆上辦理斜紋夜盜及甜採夜蛾之大規模性費洛蒙誘雄工作，防治示範面積自 300 公頃擴大至 1500 公頃，誘殺結果相當良好，平均可減少施藥二次，可做為昆蟲性費洛蒙大面積誘雄之典範。另外本省利用性費洛蒙大量誘殺甘藷蟻象，於每分地設置四個性費洛蒙誘蟲器，可有效減少甘藷被害率達 55～65%，成效卓著（表十七）。

表十七、茶姬捲葉蛾性費洛蒙合成劑田間誘蟲效果

Z9-14：Ac/Z11-14：Ac E11-14：Ac/10-Me-12：Ac 0.1 mg	Total male moths attracted
47：50：1：2	467.3±207.7a
23：25：2：50	263.3±98.4b
36：22：3：39	88.5±24.4c
Shin Etse	181.5±31.0bc

Four duplicates. Means in the column followed by the same letter are not significantly different (p=5%, Duncan's multiple range test)

(3)黃色粘板誘引害蟲

黃色對潛蠅類、有翅蚜蟲、薊馬、粉蝨之成蟲具有誘引效果。因此將具有黏著性的黃色物質置放於田間，即可誘引上述之害蟲的成蟲前來黏附其上。在斑潛蠅發生地區，利用斑潛蠅對黃色有偏好之習性，於簡易設施內之畦面，每隔二公尺放置黃色黏板一片，自定植起即長期誘殺非洲菊斑潛蠅 (Liriomyza trifolii (Burgess))成蟲，經二個月後非洲菊之被害葉率可減少 23.8% ，防治效果達 37.4% （表十八）。

表十八、黃色粘板與殺蟲劑防治非洲菊斑潛蠅之防治效果比較

處理方式	處理前			處理後第三週			處理後第四週		
	幼蟲/葉	成蟲/掃網	被害度(%)	幼蟲/葉	成蟲/掃網	被害度(%)	幼蟲/葉	成蟲/掃網	被害度(%)
藥劑	**3.2**	**29.2**	72.0 ± 10.3	**31.9**	**1.2**	57.4 ± 9	**41.1**	**12.7**	47.5 ± 10.0
黏板	**5.5**	**22.7**	2.1 ± 15.2	**29.7**	**1.7**	52.5 ± 9	**51.4**	**22.7**	42.0 ± 12.0
藥劑+黏板	**18.5**	**14.4**	73.4 ± 6.5	**27.0**	**1.6**	38.4 ± 15	**42.2**	**13.1**	42.0 ± 9.1
對照	**6.7**	**42.5**	67.8 ± 5.7	**65.7**	**2.7**	75.6 ± 7.6	**70.1**	**10.8**	63.8 ± 7.5

a.培丹 50%水溶性粉劑 1000 倍稀釋液每週施用一次連續兩次

b.X±SD

(4)不孕性昆蟲技術及滅雄處理技術防治東方果實蠅

東方果實蠅(Dacus dorsalis Handel) 能為害多種果樹，使用藥劑防治不但有困難，且效果往往不顯著，對果品亦有殘毒之慮。因此本省對東方果實蠅之防治，於 1975 年即開始實施不孕性昆蟲技術防治法，當時是將大量繁殖的東方果實蠅蛹，以 13Krad 之鈷六十作放射處理，使成不孕，而後將羽化之不孕成蟲釋放果園，使其與野生個體交尾而無法產生後代，使果實蠅之後代族群逐漸減少，每年釋放面積自 4.1 萬～6.8 萬公頃。初期採地面釋放，由果農將定點供應之不孕性成蟲攜回果園中釋放，自第四年 1978 年起改為空中釋放，將不孕

性處理後之成蟲以小飛機空投到各主要果樹栽培區；以成蟲發生密度而言，每一測定站，密度已由釋放前之 240 隻降低為釋放後之 100 隻；在於防治費用，不孕性果實蠅釋放區較一般農藥防治區，每公頃可節省約 3200 元，全省減少因該蟲引起損失為 3 億餘元。1984 年起改用含毒甲基丁香油誘殺果實蠅雄蠅之滅雄處理防治法，防治面積涵蓋 10.4 萬公頃。據估計果實被害率從 1985 年之 2.78% 降為 1991 年之 1.04% ，成效亦相當良好。

東方果實蠅原產於印度及馬來半島等地，1911 年首次在台北萬華一帶柑橘園中發現此蟲，之後台灣即成為東方果實蠅疫區，每年均造成嚴重損害。危害之果樹包括柑桔、桃、梨、李、番石榴、檬果、蓮霧、楊桃、印度棗和釋迦等三十餘種。目前在本省使用防治果實蠅的方法包括甲基丁香油誘雄、點噴含毒蛋白質水解物、噴灑農藥、果實套袋和清除落果棄果等。其中點噴含毒蛋白質水解物為多年來政府推廣用於緊急防治的方法，惟點噴於地面或植株上的蛋白質水解物，經日曬後常在短時間內即乾燥而降低誘引功能，若遇雨水沖刷後更是完全失去誘殺作用。麥氏誘殺器為 1937 年美國 McPhail 氏所發明，其原理為糖液發酵產生的氣味由器底開口釋出，吸引果實蠅進入取食糖液而溺死。農業試驗所於八十四年初自英國引進並加以改良，使其適合使用於本省之農業生產環境。此種改良型麥氏誘殺器集擬果形狀、顏色和氣味三種誘引機制於一體。由於雌果實蠅卵巢發育時亟需攝取蛋白質，因此以蛋白質水解物為誘引劑，其散發出的氣味對雌蠅具有很大的誘引力，用於誘殺雌性瓜、果實蠅非常有效。至於果園中常見之授粉蜜蜂及天敵，在調查期間均未捕獲，顯示麥氏誘殺器不會誘引益蟲及天敵。預估材質優良的製品至少可連續使用兩年以上，防治成本極低。除了在果園誘殺東方果實蠅外，近年來在高屏地區的苦瓜及絲瓜園，以麥氏誘殺器誘殺瓜實蠅亦非常有效，顯示改良型麥氏誘殺器可應用於本省瓜果實蠅之偵測及防治。

(5)套袋防治瓜園瓜蠅及果樹東方果實蠅

在過去已有農民從事不同作物的套袋處理，如瓜類、果樹類，坊間亦售有套袋的資材。目前本省的套袋瓜類有苦瓜、絲瓜，果樹類有

葡萄、梨、楊桃、枇杷、蓮霧、水蜜桃等等，而有關機關亦不斷從事該項工作的開發與改進，對於避免農藥殘毒為一大貢獻，在瓜類套袋主要是防治苦瓜、絲瓜的瓜蠅，在果樹上主要是防治東方果實蠅，套袋亦可防治鳥害及風害。

(6)利用寶特瓶防治葡萄園扁蝸牛

葡萄園扁蝸牛係葡萄重要有害動物，傳統防治方法效果不彰。利用寶特瓶法來防治扁蝸牛可達到 95～100%的防治效果，以回收的廢棄物寶特瓶改良製作而成。寶特瓶法：是將寶特瓶的底部及頸部剪斷，去頭去尾後並縱向剖開身體部，然後將剖開的寶特瓶套入葡萄莖幹，頸部大小與葡萄莖幹粗細配合，為便於操作，其高度可與人胸部齊高，套上後將寶特瓶從開口處下端再用釘書針釘牢若瓶口有鬆弛情況時，可酌以膠布黏合或打洞以鐵絲固定，以免空隙過大。因瓶口套住莖幹密合，扁蝸牛從地面沿莖幹底部往上爬時，通過寶特瓶底部開口，到達寶特瓶頸部時，無法通過，全部的扁蝸牛會累積在寶特瓶內呈休眠狀，扁蝸牛全被阻隔無法往上爬，而達到阻蝸效果，蝸牛在日光照射經過一段時日後可陸續死亡或掉落，達到防治的目的。由於寶特瓶阻蝸法製作簡便、使用方便，不但效果良好，減少防治成本，既是利用廢物，又可經年長期使用，且考量到殘毒、節省防治成本和環境保護三方面問題，是一新突破的防治技術，殊值推予葡萄園利用。

(7)溫水處理種球防治根瑞

溫湯處理不僅可以殺死一些昆蟲或瑞類，對某些病原菌也有殺死作用，在國外早被研究和應用著。為減少唐菖蒲及百合種球攜帶根瑞，可於貯藏前後用 40℃溫水浸種二小時，或用 45℃溫水浸種 0.5～1 小時，可 100% 殺死在種球上之根瑞，比用藥劑處理更有效，又無毒害問題；另外，供溫水處理用之中型恆溫水槽已由台中場開發成功。

有機農業產品之行銷

有機農業為永續農業之一環，有機農產品目前並無任何標章，且因認證機構也未成立，在產品行銷上是一大問題。不過目前有些單位

如留公基金會、主婦聯盟、展望園、有機世界等等，對於有機農產品有很高之興趣；在農林廳方面亦常舉辦促銷活動，如在 1995 年 12 月 24 日至 28 日委託桃園場在台北百貨公司舉辦有機農產品展示展售會。

結語

本世紀由於科學的發展而為人類帶來正面的影響。科技產品如化學肥料與化學農藥等對農業的生產雖也帶來正面的影響，但由於長久的使用及使用不當同時也對環境帶來負面的衝擊。為解決此問題，世界各國近年來普遍推行不用化學肥料及化學農藥的有機農業，替代性農業或永續農業之研究。其內容包括有機質之利用、土壤管理方法、病蟲害之綜合防治方法、省工栽培法、有機農產品之經濟性分析及有機食品對人類之健康等。永續農業是要農業生產與環境保育相結合，目前社會環境生態保育的意識抬頭，各種環境生態保育民間公益團體紛紛設立，今後永續農業推展可與這些公益團體相互配合將更有助益，甚至可由民間團體去推動，政府以輔導贊助之立場較為可行，可收事半功倍之效。綠肥在永續農業土壤肥力培育上至為重要，未來推動水旱田利用調整與集團經營，將綠肥作物在各地輪作系統中了以納入，落實農作生產與地利維護工作，是永續農業之一項紮根的工作。瞻望台灣農業發展的未來，永續性農業的經營趨向，已無可避免，而在此轉型的時刻，要馬上完全不使用農藥，尚有很多困難，農藥在植物保護工作上仍佔著非常重要的地位，而開發更多新的非農藥防治技術，以取代化學防治法及導正合理農藥使用，皆有助於以減少農藥的使用量，是今後植物保護的工作重點。休閒農業是今後農業重要發展方向之一，使農業之生態生活功能發揮更大，永續農業應與休閒農業結合發展，人民可在旅遊休閒時享受高品質健康安全的農產品，也建立永續農業發展據點。

參考文獻

1.方敏男 1989 不同套袋材質防治瓜實蠅危害苦瓜及絲瓜之研究 台中區農業改良場研究彙報 25:3-12。

2.王西華 1993 堆肥製造之管理 永續農業研討會專集 63-68 台中區農改良場編印。

3.王清玲 林鳳琪 1992 黃色黏板誘捕非洲菊斑潛蠅(Liriomyza trifolii(Burgess))之效果測定 中華農業研究 41(1)：61～69。

4.王博仁 盧耀村 1973 感染毒素病馬鈴薯組織培養治療法。中國生物科學 2：19-24。

5.台中區農業改良場 1989 番茄 FMTT22 育成經過及歷年試驗成績 台中亞蔬 4 號命名審查資料。

6.何琦琛 羅幹成 1992 葉蟎之生物防治技術 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 15～29 中華植物保護學會。

7.李平全 侯豐男 1989 黑殭菌培養及大量生產之研究 植保會刊 31:10-20。

8.周桃美 1987 蘇力菌防治小菜蛾之研究 中興大學昆蟲所碩士論文 44pp。

9.林俊義 陳盛義 1982 番茄耐熱抗青枯病育種 (1) 種苗 1 號之育成。台灣農業 19(6):40-46。

10.林益昇 宋曉清 黃家興 1992 利用絲瓜抗病根砧防治苦瓜萎凋病 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 中華植物保護學會 251-258。

11.林益昇 羅朝村 1987 土壤添加物防治豌豆萎凋及根腐病之研究 中華農業研究 36: 435-444。

12.林富雄 1995 台灣永續農業發展策略 永續農業第三期 5-12

13.林鳳琪 王清玲 1989 非洲菊斑潛蠅之田間偵側 中華昆蟲特刊第四號 蔬菜害蟲綜合防治研討會 59～69 頁。

14.花蓮區農業改良場 1990 番茄 FMTT3 育成經過及歷年試驗成績 花蓮亞蔬 5 號命名審查資料。

15.邱瑞珍 賴博永 陳仁昭 蕭榮福 1985 可可椰子紅胸葉蟲寄生蜂

(Tetrastichus btontispae)之引進繁殖與釋放試驗。中華農業研究 34(2):213-222。

16.邱瑞珍 錢景秦 1985 玉米螟之生物防治。 植保會刊 27: 299-316。

17.孫守恭 黃振文 1983 土壤添加物防治西瓜蔓割病之研究 植保會刊 25:127-137。

18.高清文 1989 作物病害非農藥防治法 有機農業研討會專集 135-140 台中區農改良場編印。

19.張清安 林惠嘩 張福炘 1991 無病毒長豇豆種子生產模式之建立及於田間栽培後對控制病毒病之效果評估。植保會刊 33：425-426。

20.張清安 林瑩達 林惠嘩 1989 百香果無病毒苗生產模式之建立及其於田間應用之效果評估。植保會刊 31:141。

21.陳仁昭 1992 可可椰子紅胸葉蟲生物防治 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 31～41 中華植物保護學會。

22.陳玉麟 1977 東方果實蠅誘引劑之研究。東方果實蠅研討會論文集 PP.2-8。

23.陳武揚 陳慶忠 黃玉瓊 劉達修 方敏男 黃金助 柯忠德 1992 豌豆害蟲調查及防治 台灣農業 28(3):74～81。

24.陳健忠 1983 赤眼卵寄生蜂(Trichogramma spp.)在植物保護上之利用 科學農業 31：237～241。

25.陳培昌 1988 馬鈴薯無病毒種薯繁殖技術。園藝種苗產銷技術研討會專集 41-68。

26.章加寶 1989 作物害蟲非農藥防治法 有機農業研討會專集 183～192 台中農業改良場編印。

27.曾清田 1974 田間釋放玉米卵寄生蜂防治玉米螟效果試驗。 玉米中心研究彙報 10:40-51。

28.曾清田 吳炎融 1990 超甜玉米螟蟲綜合防治。植保會刊 32:177-183。

29.曾德賜 1988 甲硫氨酸與核黃素之光動效應及其在植物病害與其

他有害生物防治上之應用 植保會刊 30：87-100。
30. 黃秀華 1993 太陽能在土壤傳播性病害之應用 永續農業專集 247-256 台中區農業改良場編印。
31. 黃振文 孫守恭 1991 影響 S-H 混合物防治西瓜蔓割病的因子 植保會刊 33:231-238。
32. 黃振文 陳美杏 楊尚勳 1992 合成植物營養液對防治韭菜銹病的連鎖效應 植保會刊 34(4)：257-265。
33. 黃振聲 洪巧珍 1992 利用性費洛蒙防治甘藷蟻象 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 中華植物保護學會 81～94。
34. 楊慶鴻 謝文瑞 1985 土壤添加物對十字花科蔬菜根瘤病之防治效果 植保會刊 27:225-231。
35. 劉玉章 1992 利用引誘劑防治東方果實蠅 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 中華植物保護學會 95～98。
36. 劉達修 王玉沙 1992 非洲菊斑潛蠅 (Liriomyza trifolii (Burgess) 之藥劑篩選及黃色黏板在防治上之應用 台中區農業改良場研究彙報 36:7～16。
37. 劉顯達 1991 利用拮抗菌 Trichoderma koningii 對紅豆根腐病之生物防治 土壤病原生態與防治研討會專刊 63-71。
38. 鄧耀宗、黃伯恩 1993 台灣永續農業之現況與展望 永續農業研討會專集 1-8 台中區農改良場編印。
39. 蔡勇勝 高穗生 高清文 侯豐男 1992 數種殺蟲劑對黑殭菌感染甜菜夜蛾之影響 植保會刊 34：216-226。
40. 蔡宜峰、莊作權、黃裕銘 1993 一般有機質在土壤中礦化潛能及礦化速率之估算 永續農業研討會專集 69-77 台中區農改良場編印。
41. 謝廷芳 杜金池 蔡武雄 1990 溫濕度對百合白絹病發生之影響。中華農業研究 39：315-324。
42. 謝順景 1993 世界各國永續農業研究與推廣 永續農業研討會專集 19-45 台中區農改良場編印。
43. 顏耀平 黃振聲 洪巧珍 陳浩琪 賴貞秀 1988 甜菜夜蛾

(Spodoptera exigua Hub-ner)性費洛蒙之合成及其誘蟲之效果。植保會刊 30:303-309。

44.Hwang, S. C., and W. H. Ko. 1988 Mutants of Cavendish banana resistant to race 4 of Fusarium oxysporum f.sp. cubense. Plant Prot.Bull.(Taiwan,ROC) 3O: 386-392.

45.Tschen,J.S.M., Lee,Y.Y., Wu,W.S. and Liu S.D. 1989 Biological control of basal stem rot of chrysanthemum by antagonists. J. Phytopathology 126:313-322。

46.Wang, H. L., S. D. Yeh, R. J. Chiu, and E. Gonsalves, 1987 The effectiveness of cross protection by mild mutants of papaya ringspot virus for control of ringspot disease in Taiwan. Plant Dis. 71:419-497.

47.Wu,W.S. 1992. The application of bioagents to control Rhizoctonia solani and other soilborne plant pathogens. Plant Pathol.Bull 1:1-12.

48.Yeh, S. D., and D. Gonsalves. 1984. Evaluation of induced mutants of papaya ringspot vius for control by cross protection. Phytopathology 74:1O86-1O91.

合理化施肥之意義與重要性

黃伯恩

農業委員會農產科

一、前言

長期以來公營肥料產銷體制下，為減輕農民負擔，採取低肥價政策，尤其七十年代中期以來，肥料資源充裕，民營肥料在市場上參與競爭，農民購買肥料可自由選擇。又因農村勞力短缺，工資昂貴，為節省施肥工資，表面撒施及少次多量之粗放施肥方式，致肥料使用量偏高且有浪費現象，也對環境維護造成負面之影響。

隨著肥料自由化民營化時代的來臨，過去由政府補貼之低肥價政策勢難維持，肥料價格將反映成本而調整，政府為緩衝肥價調漲對農民之衝擊，制訂「肥料政策調整方案」，在六年調適期間內，由臺灣省政府糧食處以漸進式調整肥料銷售價格，每年調漲幅不超過六%，肥料出廠價與零售價間之價差由農委會予以補貼，惟補貼金額逐年減少，六年之後不再補貼，肥料價格將由市場機能反映。

為降低農民施肥成本，政府從技術層面推動合理化施肥措施，教育並宣導農民依農業技術單位之需肥診斷服務推荐之施肥量、施肥法合理施肥，減少施肥浪費以挹注肥價調漲增加之費用。依據各農業試驗改良場所多年來試驗示範成果顯示，依照需肥診斷推荐量施肥對產量與品質沒有影響，甚至有增加產量或改善品質之效益。

二、合理化施肥之意義

農作物從土壤中吸收的各種營養要素有多有少，需要量較多的有氮、磷、鉀，稱之為三要素，由於三要素影響作物生產及產品品質至巨，也占施肥成本最大部分，因此，三要素肥料之施用量、施用方法及使用肥料種類之選擇，是作物肥培管理上重要課題。一般

而言，短期作物可依土壤分析測定來推荐肥料要素用量，長期作物尚需作植體（葉片）分析診斷才能推荐合理施肥量。

需要量較少的矽、鎂、鈣稱之為次量要素，常因作物及土壤特性需作選擇性之使用。依土壤反應測定結果，在酸性土壤，含鈣、鎂石灰資材之使用相當重要，惟一些嗜酸作物如茶、鳳梨等除在極強酸性土壤（pH 值 4.0 以下）則無需使用；酸性稻田則需使用含矽之肥料，如矽酸爐渣等。

需要量甚微小的鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼等為微量要素，一般土壤中含量應可充分供應，但局部性及地區性或有微量要素之缺乏情形，一旦缺乏某種要素則影響生育產量至大，此種微量要素之使用就不能忽視，惟微量要素缺乏時需依其徵狀及分析診斷確認後方可施用，不能盲目施用，以免發生毒害或污染土壤。

各種要素需用與否及使用量之多寡，需仰賴土壤分析及植體（葉片）營養診斷技術之綜合應用，各地區農業試驗改良場所及其他農業學術機構多年來做了許多相關之試驗研究，建立各種作物之不同要素含量濃度等級資料，作為作物需肥診斷服務推荐施肥之依據。參照農業技術單位之推荐肥料種類及用量、方法施肥是為合理化施肥。八十七年度起推動合理化施肥措施計畫，由各農（茶）業改良場依各地作物別編印作物施肥推荐手冊，作為農民施肥參考依據。

三、相關配合措施

合理化施肥措施除上述肥料用量推荐外，應包括其他土壤肥料技術之綜合應用，以達到提高產量與品質，並維護農田土壤永續生產力之目標，因此尚有下列措施：

1.有機質肥料使用推廣：在高經濟價值作物常需使用有機質肥料以提高產品品質。因有機肥料種類多，包括木屑堆肥、樹皮堆肥、禽畜糞堆肥、豆粕類、及綠肥等，其肥效係依其所含有機質在土壤中經微生物分解礦化釋出之養分要素而異，故有機肥料之施用應依其碳氮比預估礦化率及可釋出之養分要素量。又連續使用有

機肥料時，除當作所施有機肥料之可礦化量外，前期土壤中有機質之可礦化量亦要評估，才能確實明瞭可由有機質供給之要素量。一般可以化學肥料和有機肥料配合施用，應將有機肥料可釋出之要素量扣抵化學肥料用量，才符合合理施肥目標。

2.綠肥作物之利用：在農地休閒期或休耕田種植綠肥作物，尤其是荳科綠肥具固氮能力，為提高農田肥力有效方法，一般短期作物可將綠肥作物納入當地耕作制度，長期作物如果樹種覆蓋綠肥作物，為良好土壤管理方法。

3.微生物肥料應用：開發利用土壤有益微生物提高土壤營養元素之供應及有效性，或增加對病蟲害之抵抗性，減少化學肥料及農藥之使用，目前已推廣應用者有毛（大）豆接種固氮根瘤菌、洋香瓜育苗接種菌根菌，已具有相當成效。

4.其他有施肥機之開發，節省施肥工資，並將肥料施入表土之下，減少肥料損失，提高肥料效率，如水稻插秧兼深層施肥機已由高雄區農業改良場開發及推廣。地區性問題土壤改良，如強酸性土壤施用石灰資材矯正酸度，以提高肥料效率及生產力；壓實及硬盤層土壤深耕改良，根域環境改善增進地力。

四、 合理化施肥之重要性

施肥是提高農產品產量及品質之有效方法，但要達到施肥預期目的，肥料種類、用量、使用方法並應配合作物類別、栽培管理等技術妥善之應用，作物獲得充分及均衡養分供應，才能得到產量高及品質優之農產品。

隨著社會經濟之發達，國民生活水準提升及消費之需要，農產品品質高級化、精緻化之需求下，作物之肥培管理更不能不重視，施肥不當易導致植物養分不均衡、鹽分累積過剩毒害及病虫害嚴重發生、農產品品質低下等現象。因此，合理化施肥為提升農產品品質重要之一環，而瞭解土壤肥力及養分供應能力，是達到合理施肥必要步驟，農業試驗所及各區農業改良場都能提供分析服務，請農友多加利用。

合理化施肥與環境維護

陳琦玲、張瑞明

台灣省農業試驗所　農化系

摘要

人類是地球生態系之一員，並且賴此生態系維持生存。人類科技提升了生活的品質，也為環境帶來衝擊。面對目前全球嚴重的三大問題，人口急增、資源短缺和環境污染問題，施用肥料以提高農業生產，應付急增的人口問題，是必要的手段。然而大量施肥所造成的非點源污染，在繼工業廢污後受到更多關注。無論就化學肥料或有機肥料過量或不當的施用，除了影響生產品質，亦可能對環境造成衝擊，如地下水質劣化、水體的優養化、溫室氣體的釋放等問題，不僅降低環境品質，並可能導致全球溫暖化、氣候變遷等問題，足見合理化施肥之重要性。台灣農民普遍有過量施肥之習慣，為維持生態平衡與環境品質，可藉土壤與葉片營養診斷、參考施肥手冊等方法，評估合理的施肥量或調整施肥的方式，一方面降低成本、節省資源，一方面使農業生產與環境保護可以兼顧。為防範禽畜糞堆肥所含重金屬污染農田，應注意總施用量，不能超過土壤所能承載之最大量。本文另亦檢討長期施用化學，是否導致土壤品質劣化問題。

前言

人類是地球生態系的一員，且依靠生態系來維持生存。但人類比其他物種更具有能力去改變生態系原有的運作方式。其改變環境的速度及規模是無與倫比，如人類製造的污染可能損害人類的健康，並且減少生態系支持生命的的能力；人類定居行為和對資源的開發，也會破壞其他生物物種與棲息地，這些影響有些是漸進的，卻是全球性的，

有些則是立即可看到後果的。以農業生態系與全球環境之關係(圖 1)來看，已開發國家大量開發石化燃料，過度發展經濟，造成空氣、水污染及廢棄物的處置問題，都影響人類的生活品質，也影響農地的品質，甚至導致全球氣候的變遷，開發中國家面對急增的人口，所釐定的農業政策，如森林的過度砍伐、集約式的農耕制度，則可能導致資源的過度消耗與農地肥力的衰退，如肥料與農藥的過量施用，而對環境造成衝擊。

對於其他產業對農業生態系造成的衝擊，各國都以制定環境法規來規範，然而農業生產過程各種措施的合理化，除了科技的應用外，亦需運用智慧，及本於對大地的關懷，促使人類要求自己在農業生產活動和自然生態系作用之間求得平衡，以維持共存、共容的關，使農業得以永續發展，人類亦可賴以生存。本文僅就過量或不當的使用肥料，對環境可能帶來的衝擊，以闡釋合理化施肥的重要性。

物質的循環與肥料的施用

在生命世界中的組成，究其根本，由物質和能量所構成，能量在宇宙中是不滅的，構成生命世界所需要的物質在地球裡也是不滅的，全取材於地球，只在生物及非生物世界中流轉。氮元素是蛋白質的組成之一，因此氮的物質循環(圖 2)在自然界相當重要。大氣中含有 78%的氮，但這種形式的氮只能為生物圈中少數的固氮微生物利用，土壤中的含氮礦物才是大部分生物體中氮的來源。植物體以養分的形式吸收這些含氮物質，這樣氮元素才真正進入食物網，然後它在生物體間流轉。動物體的排泄物及動、植物的遺體經微生物分解的結果，使氮元素重返大自然。

我國祖先很早即懂得種植作物，除發展犁田、中耕、除草等方法，更懂得動物排泄廢棄物、植物之殘體，使之不至因耕作而消耗，如此耕作制度合乎自然生態體系與物質循環，符合目前永續農業發展之精神。然而，為要保持土壤肥力，常要收集野外植生加入農田，因為針對一個耕作體係而言，即使每次農作物收穫後，其殘體全部歸還農田

土壤，人畜排泄物和殘體亦能回歸土壤，在這循環的過程中收穫物養分的損失是無可避免的。也就是說每一次作物收穫後，都意味著土壤肥力的衰退和土壤生產力的下降，亦即使有機資材全部回收利用亦不能滿足全部耕地對肥料的需求，因此，要保持土壤肥力，除了盡量增加有機肥的施用外，其他化肥及合理的耕作措施的配合有其必要性(王，1998)。根據統計台灣目前每年有一千二百餘萬噸的農業廢棄物，以 N 素之供給而言，扣除製作過程損失，以 35%可製成堆肥，亦僅能供給 26 萬公頃之耕地，因此，若要維持農田肥力與高產量，以滿足不斷膨脹人口所需之營養食物，化學肥料之施用，無法避免。此外，台灣地區位處亞熱帶氣候圈內，溫高氣濕，土壤遭受風化與淋洗劇烈，天然植物養分要素含量偏低，為維持農作物之正常生育，進而提高產量與品質，施用肥料補充植物生長所需養分之不足，為耕作上不可或缺之項目。本省自光復以來，由於化學肥料的引進及自行生產，確實給台灣農業生產上帶來莫大的貢獻，各種農作物產量的增加，有目共睹。但由於肥料價廉而增產效果立竿見影，以致農民偏好超量使用化學肥料。根據田間調查，很多農作物之病虫害嚴重發生，農產品之品質低劣，考其原因，大部分是施肥不當所引起。

根據統計資料，台灣化學肥料施用量高於開發中國家甚多(表 1)。又根據台中地區水稻氮肥施用量調查，一期稻作有 79%的農民超量施用，而二期稻作高達 92%農民超量施用氮肥(表 2)。磷與鉀肥亦有類似情形，僅比例上較低(王，1998)。台灣目前每公頃三要素施用量平均約 505 公斤，遠較施肥多之先進國家日本 407 公斤為高，確實有改善空間，宜積極推行合理施肥，減少化學肥料的浪費。

依據最近農林廳 85～86 年度在農建計畫辦理合理化施肥示範為例說明：水稻（台南場）每公頃節省化學肥料費約 2,300～2,500 元，節省一次施肥工資約 1,200 元，且產量可略為增加。稜角絲瓜（台中場）每公頃可節省化學肥料費約 4,780 元。茄子（高雄場）連續採收六個月計算，可節省化肥費用 35,572 元，從以上三個實例，充分證明減施化學肥料用量對作物產量並不影響，尚可節省肥料與施肥工資等費用，同時減施化肥對環境生態及土地永續利用極為有利(黃，

1998）。

過量的施肥量對環境的衝擊

自從 1972 年 6 月聯合國在斯德哥爾摩舉行”人類環境會議(UN Conference on Human Environment)”提出”只有一個地球”主題後，加強了全球人類對目前面臨問題的警覺與共識，當前最嚴重的問題是人口爆炸，資源短缺和環境污染。因應人類糧食需求施用肥料追求農業增產是必要的手段。然而在環境保護上肥料是農業的非點污染已繼工業廢污之後受到更多的關注(王等，1994b；劉與徐，1994)。

肥料過量的施用，若超過農田所能涵容時，則過多的氮肥隨雨水或灌溉水而進入地下水，造成飲用水質變劣，或氮肥經脫氮作用形成溫室氣體釋入大氣中，導致溫室效應與氣候變遷；過多的營養素流入環境中，亦會造成水體的優養化，這些後果對於我們的未來及後代子孫的生存都相當的不利。除了環境問題，還有資源存量問題。根據調查，以目前使用量，全球磷、鉀礦蘊藏量，僅可維持未來五百餘年，即將耗盡。

1)肥分之流失

硝態氮(NO_3-N)通過土壤進入地下水系統，影響飲用水水質之發現已有半世紀的歷史(Campell et al., 1954)。飲用水中硝酸根導致嬰兒症(blue baby syndrome，學名 methemoglobinemia)之濃度在人類尤低於家畜(45mg/1 vs. 200mg/l)(Lal and Stewart. 1994)，硝酸根與胺(amine)或醯胺(amide)結合而成亞硝胺(nitrosamine)及亞硝醯胺(nitrosamide)類化合物，其中 80%經證明有致癌性(OECD, 1986)。地下水之氮素污染源主要來自放牧動物排泄物或氮素肥料的使用管理不當。依據林等(1999)屏東地區地下水之分析結果，發現部分地區之無機態氮與銨態氮濃度，已超過飲用水標準，是畜牧業或施肥引起，值得探究。本文於下一節繼續討論不同土地利用形態之氮素淋失。

另一個值得注意的是磷的淋失，根據郭等(1999)在北部水田、中部水旱田及南部蓮霧和檳榔園等監測點的調查分析，發現在中部彰化

的水旱田有明顯的磷淋失現象(表3)。在一般的耕作下，磷在土壤中易被固定，故在下層土壤的含磷量都低。但在粗質地淋洗量充足的地方，仍會往下層土壤淋洗，故在粗質地耕作仍需留意營養源的流失，而減少施肥量或調整肥料施用的方式。

除了肥分往下淋洗，恐污染地下水外，隨著降雨或灌溉，亦有可能隨著逕流入水體而造成優養化。常見者為水源水庫滋生藻類，渠道埤池滿佈布袋蓮、雜草，影響環境衛生。水質優良化，水中微生物大量繁殖，溶氧量耗盡，魚類無法生存，此外銨態氮及有機磷對魚類有劇毒，能使魚類大量死亡。引用受氮磷污染之灌溉水就如同施過量之肥料，常造成水稻插秧期受鹽害死亡，生長初期分蘗特多，但為無效分蘗，抽穗期後多有倒伏，成熟期腐爛枯死，溼熱季節誘發稻熱病等現象。荷蘭農業從業人員，在田區的四邊都不施肥，以防肥分隨逕流入其他水體，其對環境之關注，值得敬重與效法。

無論是化學肥料或是有機肥料施用不當都有可能污染環境。日本報告(Koshino, 1988)指出每公頃施用 100 噸豬糞堆肥，即造成硝酸態氮污染地下水，且有機物含有相當量的磷，可隨表面逕流污染河川水源。

2)溫室氣體的排放

在常態(即自然演變)下，主要由於火山的活動及全球生態系統的運轉，全球的氣候以百萬年為時間單位，緩慢而漸進式的改變。但是，由於人類的活動，主要係石化能源的長期(尤其自 19 世紀工業革命以來)大量的使用及人造化學品的產製，增加了大氣中的溫室效應氣體(如二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物等)的濃度，增強了溫室效應(greenhouse effect)，導致地球表面溫暖，化並加速氣候的變遷。

農業部門釋出之溫室氣體雖不及能源部門釋出之大量，但主要是甲烷與氧化亞氮，而甲烷吸收輻射的能力是二氧化碳之 30 倍，而氧化亞氮吸收輻射之能力則為二氧化碳之 150 倍左右(Kimura et al., 1991；Wang et al., 1976)，甲烷與氧化亞氮在大氣中之含量雖遠小於二氧化碳，但其對地球增溫所產生之影響卻隨人類文明之進步而大幅增加(Bartlett and Harriss, 1993)。而農業生態系提供 N_2O 釋放量約佔

生物圈釋放量之 70%至 80%(Mosier et al., 1996)，

土壤中，80%之甲烷是在還原環境下，由一群極端厭氣之甲烷菌(Methanogens)分解有機物所產生(Ehhalt and Schmidt, 1978)，因此常發生於濕地與浸水水田土壤中，畜產業亦釋出一部分甲烷。在聯合國的環境規劃署(UNEP)與世界氣象組織(WMO)共同設立的政府間氣候變遷專家委員會(IPCC)的研究資料中，估計日本與韓國的甲烷釋放量約為 15g/m²/season；菲律賓為 25-30 g/m²/season；泰國為 4-40 g/m²/season；美國德州則為 15-35 g/m²/season(IPCC, 1996)，而在國內的報告中，台灣北部水稻田之甲烷釋放量為 4.2-20.7 g/m²/season；台灣中部為 0.2-10.5 g/m²/season；台灣東部則為 1.2-18.8 g/m²/season。甲烷為可利用能源，許多國家已研究並利用之。

土壤 N_2O 之釋放，主因無機礦質氮肥之施用，生物共生與非共生固氮作用，及土壤有機氮素礦化作用所致(Cole 等，1995)。據目前所獲資料，每年因施用氮肥而排放 N_2O 量約為 3.01 百萬噸，約佔人為排放為 N_2O 量之 70%。目前全世界化學氮肥使用到農地每年約為 77.4 百萬噸，廄肥氮用作為氮肥之量約含 74.9 百萬噸。全球農地因施用化學氮肥而排放之 N_2O-N，每年約為 1.53 百萬噸，因施用廄肥而排放約為 1.49 百萬噸，再加上豆科固氮所生成之 0.5 百萬噸，則全世界每年由農耕地排放之 N_2O-N 總量約為 3.5 百萬噸（範圍為 1.8 至 5.3 百萬噸）(趙，1997)。國內自民國八十三年開始全年觀測全省水田、旱田、濕地、果園及林地土壤年排放量，依目前已完成的結果顯示，本省水稻田全年排放 465 至 849 噸的 N_2O-N。旱田約為 3664 噸的 N_2O-N。自 1994 至 1997 年依田間 N_2O 釋放量測值估算本省中、南部水、旱田、果園及闊葉林，每年每公頃土壤排放 N_2O-N 量為 3.24 至 14.14kg，視農業生態系施肥與管理情形而異。全年由中南部這些農業生態係排放 N_2O 總量約為 5,944 噸(Chao 等，1999)。

由南極冰柱中 N_2O 濃度顯示，1850 年後大氣中 N_2O 濃度緩步上升，至 1950 年後大幅快速上升，每年增加 $0.22\pm0.02\%$，目前測值為 311 n mol mol^{-1}。每一 N_2O 分子的全球溫暖潛勢(The global warming potential，簡稱 GWP)為 CO_2 分子之 250 倍，目前大氣中 N_2O

的 GWP 約佔全球總 GWP 之 2-4%，日後可達 10%(Battle 等，1996；Prinn 等，1990)。因配合人口成長而增產糧食作物，至西元 2025 年時，全球氮肥用量將達 150Tg N，N_2O 釋放量將會比例上升(Vitousek 與 Matson, 1993)。僅熱帶雨林轉變為農、牧用地而言，每年增加土壤稱放 N_2O-N 量約在 40 萬噸左右，主因熱帶雨林砍伐後，在 10 年中均會加速有機質的降解與氮素的礦化，N_2O-N 釋放所增加量約為原熱帶雨林土壤釋放量的五倍。

土壤釋出甲烷與氧化亞氮的多寡，受土壤、氣候、植生、田間管理等因子之影響(Eichner, 1990；Mosier, 1994；Sass et al., 1994；Trolldenier, 1995)。目前有許多研究人員從事於農業栽培管理技術之研究，欲使農業生態系中所生成之甲烷與氧化亞氮之總量下降，而達減量之目標。目前有關減緩 N_2O-N 排放的策略中，與氮肥根圈的策略包括(1)有機廢棄物之再利用；(2)改善肥料使用效率；(3)使用硝化抑制劑；及(4)種植豆科作物去維持作物生產。此四項策略中以第(2)項對 N_2O-N 減量之效果最佳，包括配合作物生長而供應氮肥，密切聯繫氮素流動循環，使用先進肥料技術及適當耕耘，灌溉與排水，進行此四項工作，依目前估算，全球每年可減少排放 68 萬噸 N_2O，約可降低目前排放總量 16%左右(趙，1997)。

3)鹽分的累積：

本省西部地區土壤，電導度在 4dS m^{-1} 的耕地面積，約有 30000 公頃(王，1978)，主因是地下水過高，海風攜入鹽分與長期乾旱所致。另外，由於工廠排水混入灌水道中，使本省現在灌溉水質鹽分常出現高於 700μmhos/㎝之標準，不是如 50 年間大都維持在 300μmhos/㎝左右，應留意土壤的鹽化問題。除了前述自然因素與工業的污染外，施肥也可能造成鹽分的累積。特別是設施栽培土的鹽分累積問題，根據(陳(1995)調查設施栽培土壤鹽化情形如表 4、5 所示。顯示設施栽培，土壤鹽化程度較一般栽培為烈，同時隨栽培時間之增加而加深鹽化現象。主要原因是設施內沒有天然雨水的淋洗，鹽分容易累積於表土。無論化學肥料或有機肥料的施用都有可能造成鹽分的累積。

不同土地利用形態之氮素淋失

依據日本秡川與小室 (1998)之評估(表 6)，相對於其他產業，農業經營對環境更具有公益機能，但若處理不當，仍會對環境造成衝擊。依其對不同土地利用經營之環境影響評估，認為水田不會如旱田有硝酸態氮之淋洗。此乃由於水田土壤可以湛水的性質(非如旱田易滲)及還原狀態下土壤表層氧化產生的 NO_3，亦易還原脫氮的特性，使 NO_3-N 之淋洗量少。徐等(1967)的水田滲漏水分析，亦顯示氮淋洗量所佔的百分比顯著小於經脫氮或氨揮散的損失。而旱作則會有較多的硝酸態氮淋洗。根據玉米田試驗結果(連等，1996)顯示，尿素在學甲土壤(石灰性砂頁岩沖積土、坋質壤土)中隨著淹施田量的增加，往下之移動甚為明顯，當水量增至 100 ㎜時，甚至將 0-5 ㎝表層原有之無機態氮淋至下層土壤，並且其尿素氮亦已迅速轉化為銨態氮，並由銨態氮迅速轉化為硝酸態氮，而有滲下 60-80 層跡象，其所施尿素量回收率，只有施肥量之 38%，恐有污染地下水之嫌(表 7)。

蔬菜園則因高施肥量及灌水管理，其無機態氮淋洗情形更甚於其他旱作。西螺蔬菜園採收後土壤剖面之硝酸態氮濃度明顯高於鄰近水田者(連與王，1997)。所施用三要素肥料被蔬菜吸收之比例甚低，分別僅為氮素 11.0%，磷酐 1.7%，氧化鉀 15.1%，此亦証實施用之肥料流失量甚大。蔬菜與花卉專業區常密集且大量施用肥料，西螺蔬菜專業區之施肥量，一年三要素每公頃用量幾近十噸，換算成肥料，則用量更為驚人，因而導致土壤累積多量的肥料鹽，使植體吸收累積多量硝酸態氮，同時淋洗污染地下水源(吳，1997)。根據農試所全省蔬菜園專業區的地下水監測調查，發現南部某些地區之地下水硝酸態含量明顯偏高，其原因應是肥料之大量施用。

土地的利用型態影響養分的淋洗甚巨，休閒地、園藝作物、農藝作物及牧草地在不施肥的情形下，其氮肥淋失量分別為 144。50、52 及 6kg/ha，在施用 160kg-N/ha，的情形下，其因施肥而增加的淋失量分別為 145、34、16 及 0kg/ha，可見牧草地對肥料之攔截效果最佳。氮肥的淋失量於低用量下(<160 kg-N/ha/yr)與用量無關，但於高

用量下，其淋失量呈等比級數增加(Juergens-Gschwind, 1989)。

土壤與植體營養診斷之應用

作物對養分之需求，因氣候與土壤特性、管理條件而異，因此合理的施肥量推算，需考慮許多因素。目前農試所的土壤資訊系統已提供上網查詢之服務，可提供各地區農田土壤資源分佈、土壤肥力動態、土壤生產力等資訊，供地方土壤肥培管理之參考；與農林廳、各改良場亦共同編製作物施肥手冊，包括水稻、蔬菜和果樹等一百多種作物之施肥方法，可提供農民施肥之參考。另外，在農委會與農林廳的經費補助下，農試所與各區改良場都有土壤與植體營養診斷分析服務(陳與連，1989)，農民可自行採樣或請農會服務人員指導採取適當的土壤與葉片樣品，寄至分析中心，以得到診斷及施肥推薦書，再配合現場的複查，施用肥料，可增加作物對所施肥的利用率，並避免肥料的浪費或對環境造成污染。

栽種綠肥與施用微生物肥料以減少肥料量

種植綠肥雖然對長期土壤有機質的累積幫助不大，但仍可增加當期作的土壤有機質，改善土壤理化性質，其生長期間能吸收固定土壤營養元素，減少氮素及其他養分的流失。在掩埋後迅速分解釋出其所含的營養元素，供作物利用，因此，種植綠肥，可節省肥的施用。豆科綠肥更可固定土壤中之氮素。另外，綠肥的種植亦可抑制雜草的生長，或消除連作障礙問題，又有綠化美化鄉村景觀，充裕冬季蜜源等功能。深根性綠肥，更能使下層土壤之養分往表土移動，有利養分循環利用。故綠肥之種植，值得推廣。依綠肥作物的適應性和農民的習慣，南部地區適種田菁、油菜，中北部地區適種油菜、苕子、埃及三葉草。

在果園綠肥種植，以多年生匍匐或一年生短莖具優良自播性之豆科綠肥為佳，選擇綠肥種類也應考慮與果樹有否共同之病蟲害或相剋作用的問題。

在水田方面，第二期成採收後至第一期作種植前之冬季休閒期間。是種植冬季綠肥作物最好的時間。適合於本稻田之冬季綠肥有埃及三葉草、苕子、紫雲英、魯冰、油菜等。埃及三葉草在微酸性至中性以上之土壤生長較好，在強性土壤種植時應於整地時施用一些石灰。紫雲英和魯冰較適合於酸性土壤栽培，特別適合於鹽分較高之沿海地區栽培，但其鮮草產量較低。

第一期作水稻採收後因為空閒時較短，種植綠肥作物較難，但如果在作物種植前有 50-60 天之空閒時間，可以種植田菁和太陽麻等夏季綠肥作物。這些高大之綠肥作最遲應於開花期掩菁當綠肥，不但肥份收獲量較高，植株也較容易腐爛成為肥料。

使用綠肥或將作物殘體再犁入土壤時，應特別注意，一般綠肥作物掩菁後至少需要經過 15 天以上之醱酵時才可以種植水稻，否則秧曲容易枯死。

此外，根瘤菌接種於毛豆，菌根菌接種於瓜果、花卉、果苗等微生物肥料的施用，亦可減少化學肥料的施用。

防範重金屬污染之有機肥最大承載量評估

農業廢棄物可再循環利用，如製成堆肥回歸土壤，除了增進農田土壤生產力，亦解決環境污染問題。但是有機肥料不當管理與施用，仍會對環境衛生、農作物造成傷害或造成二次污染，故使用上仍需留意。首先可參考農政單位之推廣手冊等，按著有機質的分解速度，估算合理的施用量，以避免過量氮素釋出。並且注意堆肥的處置與儲存，以避免二次污染。此外，要注意堆肥中重金屬在農田的累積問題。

根據分析，台灣禽畜堆肥以銅、鋅、鉻、鎳含量較高。這些高含量之銅、鋅、鉻、鎳之來源主要為飼料中銅、鋅之添加，以及在堆肥製作過程中皮革粉之添加(添加鉻酸、鎳酸來搓揉皮革，其鉻、鎳含量分別佔皮革粉中之 5.4%與 0.03%)之故。依黃與戴(1995)所述旗山試區有機農耕法玉米總穗收穫量為 10.6 公噸，換算銅移走量為 37 克，而鋅移走量為 107 克，此量僅為施入量之 3%，故造成土壤中 0.1N

鹽酸萃取銅、鋅量逐年增加。此外，根據無數的實驗室與田間試驗指出，大部份之重金屬要污染地下水是不可能的，除非在很砂質地的土壤及淺層的地下水條件下。因此，堆肥中重金屬在農田表土的累積問題要注意。

為防範重金屬污染所估算之有機肥最大承載量評估，可依陳(1995)之估算方法。假設土壤中重金屬之最大可承載濃度(Maximum Loading Concentration, MLC)之估算為土壤中重金屬之管制值與背景值間之差，可用下式表示：

最大可承載濃度＝管制值濃度－背景值濃度-------------------------(1)

土壤重金屬含量之背景值通常是一個含量範圍值，為計算方便起見，現以背景值之平均值為基準來估算最大可承載濃度，其結果如表 8 所示。如依王銀波等人(1994a)，其最大可承載濃度分別為 As11.1 mg/kg，Cd1.2 mg/kg，Cr157 mg/kg，Cu128 mg/kg，Hg0.8 mg/kg，Ni78 mg/kg，Pb60mg/kg 與 Zn110 mg/kg。依此結果，可計算在 1 公頃範圍內表土 20 公分土壤中(假設容積比重為 1.2 Mg/m^3)，可添加之最大承載重量(Maximum Loading Capacity, MLC, kg/ha)應為 As26.6 kg/ha，Cd2.9 kg/ha，Cr377 kg/ha，Cu307 kg/ha ，Hg1.9 kg/ha，Ni187 kg/ha，Pb144 kg/ha 與 Zn264 kg/ha。

依據表 8 中之最大可承載量(MLC)之推估，再依據堆肥中重金屬之濃度，即可很容易計算出最大堆肥施用量，其計算式如下：

$$\text{最大堆肥施用量（tons/ha）} = \frac{\text{最大可承載估算量(kg/ha)}}{\text{堆肥中重金屬濃度(mg/kg)}} \times 10^3 \text{------(2)}$$

例如在表 8 中，土壤中最大可承載銅量為 307kg/ha，而堆肥中重金屬銅濃度允許上限為 300mg/kg，依上式公式，我們可添加之最大堆肥重量為 1000 噸/公頃左右。因此，在確保土壤中重金屬不會超過污染管制值之情況，我們依堆肥中重金屬可能濃度狀況下，估算其

最大施肥量如表 9 所示。但在肥料規定中重金屬含量上限條件下，估算豬糞堆肥之最大施用量為 Cu3000 噸/公頃，Zn500 噸/公頃，Cr2330 噸/公頃與 Ni7200 噸/公頃。因此，綜合來說，在此上限濃度下之最大施用量最好控制在 500 噸/公頃以下。

為考慮對土壤、作物及環境之品質，建議合理施用量應為估算最大施用量之一半較為安全，最好不要超過 250 噸/公頃。但如將生產堆肥之過程中，其重金屬濃度控制在銅 100mg/kg 及鋅 200mg/kg 以下，則最大施用量可達 1250 噸/公頃，而建議合理施用量為 600 噸/公頃左右，可確實增加土壤中之有機質含量且可確保土壤品質，不會受到重金屬污染。

以上之估算，乃以有機肥料中重金屬含量上限，概估其最大施用量，亦可以有機肥料中實測之重金屬濃度計算，若每年累用的堆肥量已超過最大容許量，即應停止施用，並在施用安全期限內，採土樣檢測，以了解重金屬累積情形，再計算可施用之最大量，以確保土壤品質。並詳實記錄每年的施用量，以避免施用總量超過安全施用量。

長期施用化肥對土壤品質之影響

關於化學肥料之施用是否導致土壤有機質含量之降低、土壤酸化等致使嚴重劣化的說法，本文就長期試驗及土壤調查結果提出討論。

(1)土壤酸鹼度：

調查各鄉鎮之土壤酸鹼度值歷年變化資料顯示(表 10)，三十年間農田之土壤酸鹼度值普遍降低約 0.3 至 0.5 個單位，與本省西南部輪作區已調查鄉鎮農田同期土壤酸鹼層比較值約降低 0.3 至 0.7 單位之趨勢相同。

估算臺灣農田土壤每年之氫離子添加量，平均約在 25.9 至 51.3 公斤 H+／公頃，主要來源為：施肥、降雨、落塵及根分泌物等因素；但影響農田土壤酸化之主要因素為施肥措施；現今並非全部農田土壤皆會酸化，在灌溉水源富含鹽基的濁水溪、東部含石灰質河流之灌溉區之農田並未酸化。因農田耕作引起之土壤酸化問題可以土壤管理方

法解決，只要合理施用肥料並加強土壤診斷工作，適時補充石灰，含鎂石灰或深翻犁即可。

(2)土壤有機質含量

根據調查資料顯示，各鄉鎮農田土壤有機質之平均含量三十年來之變化幅度很大(表 11)，除少數鄉鎮之土壤有機質不增加外，其餘鄉鎮皆增加，增加量由 0.26%至 1.13%，增加顯著(郭等，1998)。

由台北水田長期試驗顯示，化肥區較無肥區有更多的土壤有機質累積(圖 3)綠肥之施用對地力之增進不大，僅較化肥區維持稍高的土壤有機質含量(張等，1947；林等，1973)。施用堆肥對有機質之累積雖不及溫帶國明顯，但仍可增加土壤有機質的含量。台北水田在每年 2.8 公噸/公頃碳量(18 公噸/公頃鮮重)的施用下，連續施用 48 年，土壤有機質只增加 1%，只有總施用量的 5%留於土壤中，顯示在台灣高溫潮濕的環境下，土壤有機質即不易維持在高的含量，欲藉有機質肥料的施用，提高地力，亦屬不易(陳與連，1995)。在目前有機質肥料昂貴的情形下，其經濟效益低。但有學者認為能增加 1%有機質對土壤肥力的提升或土壤性質的改善已有很大的助益。

綜合各項試驗觀察調查顯示，在多作栽培足量施用化學肥料情況下，台灣土壤之肥力不但沒有衰退，且一般正在逐漸提高之中，足見化學肥料的施用並未使土壤有機質減少，反而因為施用化學肥料產量增加，使殘留於土壤中之殘渣增加，使土壤有機質並未因有機質之減少而降低。永續農業倡導少用化學肥料是否應著眼於減緩石化資源之枯竭，而不是施用化學肥料導至土壤劣化，值得進一步探討。

參考文獻

1. 王明果。1978。嘉南平原鹽分地調查報告。中興大學土壤系專刊。
2. 王銀波、陳尊賢、劉文徹、吳先琪、趙震慶、李國欽、王榮德。1994a。土壤品質基準－總論。行政院環保署委託計畫報告(EPA-83-E3H1-09-02)。台北市。
3. 王銀波、譚鎮中、黃紋賓。1994b。肥料施用與土壤水中銨與硝酸根之分佈I、蔬菜園與水稻田之比較、土壤與肥料污染研討會論文集。pp.131-143。

4.王銀波。1998。台灣農業環境保護，農業與生態平衡研討會專刊。國立中興大學土壤環境科學系。

5.吳正宗。1997。飲水與蔬菜中硝酸鹽的來源與減量對策。土壤肥料通訊。第 61 期。pp.13-16。

6.林家棻、李子純、張愛華、陳卿英。1973。長期連用同樣肥料對於土壤化學性質與稻谷收量之影響。農業研究 22(4)：241-262。

7.林木連、郭鴻裕、朱戩良、劉禎祺、彭宗仁。1999。屏東平原地下水水質變化研究。第三屆地下水資源及水質保護研討會論文集。元/13,14。中央大學。中壢。

8.秡川信弘、小室重雄。1998。環境保全型農業經營與研究的課題。農業與園藝。73(2):233-237。(日文)

9.徐水泉、邱再發、黃文良、李蘭帝。1968。本省水田土壤滲漏水之研究。台灣省農業試驗所 56 年年報。

10.張守敬、林家棻、步焱昇。1947。同種肥料連用對於水稻產量及土壤理化性之影響。台灣農業試驗所彙報。第 3 號：18-41。

11.連深、王鐘和、李瑞成。1996。不整地玉米膝高期淹施 ^{15}N－尿素後氮素之追蹤。中華農業研究。45(1):47-57。

12.連深、王鐘和。1997。土壤有效態氮測定及其應用蔬菜園肥培管理研究。台省農業試驗所 85 年年報。

13.郭鴻裕、朱戩良、劉滄棽、劉禎祺、江志峰。1998。農田土壤肥力劣化問題之檢討。台灣省農業試驗所 86 年年報。

14.陳琦玲、連深。1989。果園土壤及葉片營養診斷資訊系統之初擬，果園作物營養診斷應用研習會專輯。台灣省農業試驗所特刊第 28 號。p.85-115。

15.陳琦玲、連深。1995。有機質肥料在台灣土壤中分解、聚積之模式及施用基準之試定。有機質肥料合理施用技術研討會論文集。p.13-1～13-19。

16.陳尊賢。1995。長期施用豬糞堆肥對土壤中重金屬之累積及合理施用量之評估。有機質肥料合理施用技術研討會論文集。pp.200-214。

17.陳鴻堂。1995。設施土壤肥料問題解決對策。設施與集水區土壤肥料講習專刊。中華土壤肥料學會編印。P.18-38。

18.黃賢喜、戴順發。1995。有機農業可行性之研究。八十三年度土壤肥料試驗報告。農林廳編印。

19.黃山內。1998。作物合理化施肥措施。台南區農業改良場特刊第 3 號。

20.趙震慶。1997。氧化亞氮與氮肥。土壤肥料通訊。第 61 期。pp.17-20。

21.劉玉雪、徐玉標。1994。台灣省嚴重污染灌區之土壤、作物與地下水之惡化調查(高雄二仁溪灌區)，83 年農業工程研討會論文集。pp.217-229。

22.Bartlett, K. and R.C. Harriss. 1993. Review and assessment of methane emission from wetlands. Chemosphere. 26:261-320.
23.Battle, M., M. Bender, T. Sowers, P.P. Tans, J.H. Buter, J.W. Elkins, T. Conway, N. Zhang, P. Lang, and A.D. Clarke. 1996. Atmospheric gas concentrations over the past century measured in air from firn at the South Pole. Nature 383:231-235.
24.Campell, J.B., A.N. Davis, and P.J. Myhr. 1954. Methemoglobinemia of livestocks caused by high nitrate content of well water. Can. J. Camp. Med. 18:93-101
25.Chao, C.C., C.C. Young, Y.P. Wang, and W.L. Chao. 1999. Diurnal and seasonal nitrous oxide fluxes in soils from hardwood forest and different agroecosy stems of Taiwan. Biol. Fertil. Soils(accepted)
26.Chen. Z.S. and D.Y. Lee. 1995. Heavy metal contents of some representative agricultural soils in Taiwan. J. Chinese Insti. Environ. Engineering 5.
27.Cole, V., C. Cerri, K. Minami, A. Mosier, N. Rosenberg, and D. Sanerback. 1995. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emission. pp.745-771. In R.A. Houghton et al (eds.) Climate change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K. 17. Dendooven, L., E. Bonhomme, R. Merckx, and K. Vlassak. 1998. N dynamics and sources of N_2O production following pig slurry application to a loamy soil. Biol. Fertil. Soils 26:224-228.
28.Ehhalt, D.H. and U. Schmidt. 1978. Sources and sinks of atmospheric methane. PAGEOPH. 116:452-464.
29.Eichner, M.J. 1990. Nitrous oxide emission from fertilized soil: Summary of available data. J. Environ. Qual. 19:272-280.
30.Juergens-Gschwind, S. 1989. Ground water nitrates in other developed countries(Europe)-relationships to land use patterns. In Follett, R.F. et al (ed.) Nitrogen Management and Ground Water Protection. Elsevier Sci. Publishing Co., Inc. p.75-138.
31.Kimura, M., H. Murakami, and H. Wada. 1991. CO_2, H_2 and CH_4 production in rice rhizosphere. Soil Sci. Plant Nutr. 37:55-60.

32. Koshino, M. 1988. Recent advances in the application of livestock manure to farm land in Japan. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Extension Bulletin No. 282, 17pp.
33. Lal, R. and B.A. Stewart. 1994. Soil processes and water quality. Lewis Publishers. Ann Arber, Mi. USA. p.5.
34. Mosier, A.R. 1994. Nitrous oxide emission from agicultural soils. Fert. Res. 37:191-120.
35. Mosier, A.R., J.M. Duxbury, J.R. Freney, O. Heinemeyer, and K. Minami. 1996. Nitrous oxide emission from agricultural fields: Assessment, measurement and mitigation. Plant and Soil 181:95-108.
36. OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 1986. Water Pollution by Fertilizers and Pesticides. OECD Publications. Paris.
37. Prinn, R.D., R. Connold, R. Rasmussen, P. Simmonds, F. Alyea, A. Crawford, P. Fraser, and R. Rosen. 1990. Atmospheric emissions and trends of nitrous oxide deduced from 10 years of ALE-GAGE data. J. Geophys. Res. 95:18369-18385.
38. Sass, R.L., F.M. Fisher, S.T. Lewis, M.F. Jund, and F.T. Turner. 1994. Methane emissions from rice fields: effect of soil properties. Global Biogeochem. Cycle 8:135-140.
39. Trolldenier, G. 1995. Methanogenesis during rice growth as related to the water regime between crop seasons. Biol. Fertil. Soils. 19:84-86.
40. Vitousek, P.M., and P.A. Mstson. 1993. Agriculture, the global nitrogen cycle and trace gas flux. pp.193-208. In. R.S. Oremland (ed), Biogeochemistry of global change, Champman and Hall. New York.
41. Wang, W.C., Y.L. Yung, A.A. Lacis, T. Mo, and J.E. Hansen. 1976. Green house effects due to man-made pertubations of trace gases. Science. 194:685-690.

表 1、若干開發中國家肥料使用量與作物產量

地區	年份	肥料用量 (kg/ha)	作物產量(kg/ha) 水稻	小麥	甘蔗	NPK 比率
印度(1)						
西部	86/87	101.2	1,724	2,598	52,582	20:4:1
	93/94	140.3	2,162	2,980	64,891	70:11:1
中西部	86/87	93.2	1,793	2,057	52,284	19:2:1
	93/94	130.9	2,204	2,522	61,008	62:8:1
西南部	86/87	58.7	1,293	2,375	38,719	34:2:1
	93/94	75.3	1,921	2,544	54,382	95:27:1
菲律賓(2)						
Luzon	1983	151			62,000	7:0.6:1
	1993	190			49,000	9:0.2:1
Visyas &	1983	282			74,000	1:0.7:1
Mindanao	1993	520			73,000	2:0.9:1
巴基斯坦(3)						
Punjab	1975/78	48		1,627		38:11:0
	1990/93	158		2,058		79:28:0
孟加拉	1996	148				
埃及	1996	426				
馬來西亞	1996	630				
印尼	1996	150				
阿拉伯聯合大公國	1996	1,000				
台灣(4)	1996	1,391				

資料來源：

1.Use and Economics of Fertilizers in Selected States of India, Misra 1995.

2.Philsucom 1983 and SRA 1993.

3.Plant Nutrition Policies and Strategies for Sustainable Agricultural Development in Pakistan, and NFDC 1995.

4.台灣農業年報，1996。

表 2、水稻氮肥推荐量與農民實際用量之比較

品種	調查點數	氮肥施用量(kg/ha)		施用等級(%)		
		推薦量	實際用量	低	中	高
	一期作					
蓬萊	103	120-150	228.2	5.83	13.59	80.58
在來	18	150-180	238.9	22.22	22.22	55.56
糯米	22	150-180	246.0	9.09	4.55	86.36
總數	143			8.39	12.59	79.02
	二期作					
蓬萊	92	100-130	219.4	1.09	1.09	97.83
在來	13	125-160	237.5	0.00	38.46	61.54
糯米	20	125-160	230.2	5.00	10.00	85.00
總數	125			1.60	6.40	92.00

(資料來源：王，1998)

表 3、不同監測點土壤剖面之有效性磷含量

深度（cm）	有效性磷(ppm)		
	北部 水田	中部 水旱田	南部 果樹園
0-15	70	52	190
15-30	5	28	20
50-60	2	32	10

表 4、設施與一般栽培對土壤電導度之效應(dS m^{-1})

土層深度	設施	一般栽培	設施	一般栽培
(cm)	粘板岩沖積土		砂頁岩沖積土	
0-5	3.25±2.16	0.91±1.01	1.10±0.74	0.26±0.31
5-10	0.51±0.35	0.20±0.18	0.17±0.15	0.10±0.07
10-15	0.32±0.22	0.14±0.09	0.27±0.29	0.09±0.06
	砂頁岩、粘板岩沖積土		紅壤	
0-5	0.98±0.73	0.90±0.74	1.25±0.60	0.32±0.26
5-10	0.17±0.07	0.17±0.05	0.26±0.13	0.11±0.03
10-15	0.14±0.06	0.14±0.07	0.16±0.03	0.09±0.00

(資料來源：陳，1995)

表 5、設施栽培時間與土壤電導係數之關係

栽種年份	電導度(dS m^{-1})
對照	0.90
1 年	1.35
2 年	2.80
3 年	2.45
3 年以上	3.85

(資料來源：陳，1995)

表 6、經營類型之主要公益機能與環境負荷

機能、負荷 / 類型	公益的機能		環境負荷	
	量	主要項目	量	主要項目
稻作經營	大	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨	小	②③④⑦
旱作經營	中	①②⑤⑥⑦⑨	中	①②③④
果樹經營	中	①②⑤⑥⑦⑨	中	①②③④
畜產經營	小	①②⑥⑦⑨	大	①②③④⑤⑥⑦

公益機能：①國土保全，②景觀保全，③水涵養，④洪水防止，⑤居住環境保全，⑥生物資源保全，⑦食品的安全性之提供，⑧硝酸態氮素濃度的緩和，⑨情操教育。

環境負荷：①硝酸態氮素引起地下水污染，②湖泊等之優養化，③農藥引起地下水污染，④生物相的減少，⑤糞尿引起河川水的污濁，⑥惡臭，⑦甲烷、沼氣等溫室效應瓦斯的發生。

（資料來源：秡川與小室，1998）

表 7、尿素淹施後 2 天時各處理區 0-80 公分土層較淹施前之無機態氮增加量及所施尿素氮量回收率之估算

估算項目	淹施水量(mm)		
	5	50	100
無機態氮增加量 (kg/ha)	55	76	26
所施氮素之回收率 (%)	78	109	37

(資料來源：連等，1996)

表 8、農田土壤表土 20 公分重金屬最大承載量之評估

重金屬	背景值[a]	管制值[b]	最大可承載濃度[c]	表土 20 公分最大可承載量[d]
	mg/kg			kg/ha
As	8.9	20	11.1	26.6
Cd	1.8	3	1.2	2.9
Cr	43	200	157	377
Cu	22	150	128	307
Hg	0.2	1.0	0.8	1.9
Ni	42	120	78	187
Pb	40	100	60	144
Zn	190	300	110	264

a：Chen and Lee(1995)
b：王銀波等人(1994a)
c：最大可承載濃度＝管制值－背景值
d：表土 20 公分最大可承載量 (kg/ha)
  =最大可承載濃度(mg/kg)×$(100m)^2$×0.2m×1.2Mg/m^3×$10^3/10^6$
  =最大可承載濃度 (mg/kg)×2.4
(資料來源：陳，1995)

表 9、農田土壤中合理堆肥施用總量推估

重金屬	重金屬濃度	最大承載量估值[a]	合理施用量[c]
	--------mg/kg------	------------------tons/ha------------------	
Cu	100[b]	3000	1500
	200	1500	750
	300	1000	500
Zn	100	2500	1250
	200	1250	625
	500[b]	500	250
Cr	100	3500	1750
	150[b]	2330	1160
	300	1160	580
Ni	25[b]	7200	3600
	50	3600	1800
	150	1200	600

a：肥料重金屬含量規格上限為 Cu100mg/kg，Zn500mg/kg，Cr150mg/kg 與 Ni25mg/kg。

b:依表 8 計算出之最大承載量(Cu300kg/ha,Zn250kg/ha,Cr350kg/ha 與 Ni180kg/ha)來估算施肥量，並施用於表土 20cm 內。

c：建議合理施用量為最大施用量之一半，以確保土壤品質。

(資料來源：陳，1995)

表 10、四十年來部分鄉鎮農田表土土壤酸鹼度值之變化

地點／年別	土壤酸鹼度值			
	1950	1967	1981	1994
新城鄉	6.6±1.3[z] (7)	6.1±0.7 (142)	6.3±0.9 (21)	6.4±1.0 (213)
吉安鄉	7.4±1.4 (3)	7.9±0.3 (273)	7.6±0.4 (21)	7.6±0.5 (494)
池上鄉	— (0)	6.2±0.9 (160)	6.5±0.6 (19)	5.7±1.0 (493)
卑南鄉	6.0±0.8 (18)	5.8±0.9 (160)	6.5±0.9 (19)	5.3±1.1 (502)
大社鄉	5.2±0.4 (4)	6.4±0.6 (161)	6.4±0.6 (8)	6.0±1.0 (220)
永康市	6.8±0.7 (6)	6.9±0.7 (303)	5.3±0.6 (5)	6.5±1.1 (308)
彰化市	6.4±1.1 (6)	6.1±0.8 (426)	6.5±0.7 (20)	6.2±0.7 (469)
和美鎮	6.5±0.8 (7)	6.2±0.7 (329)	6.5±0.6 (42)	5.9±0.8 (522)

[z]平均值±標準偏差(樣品數)

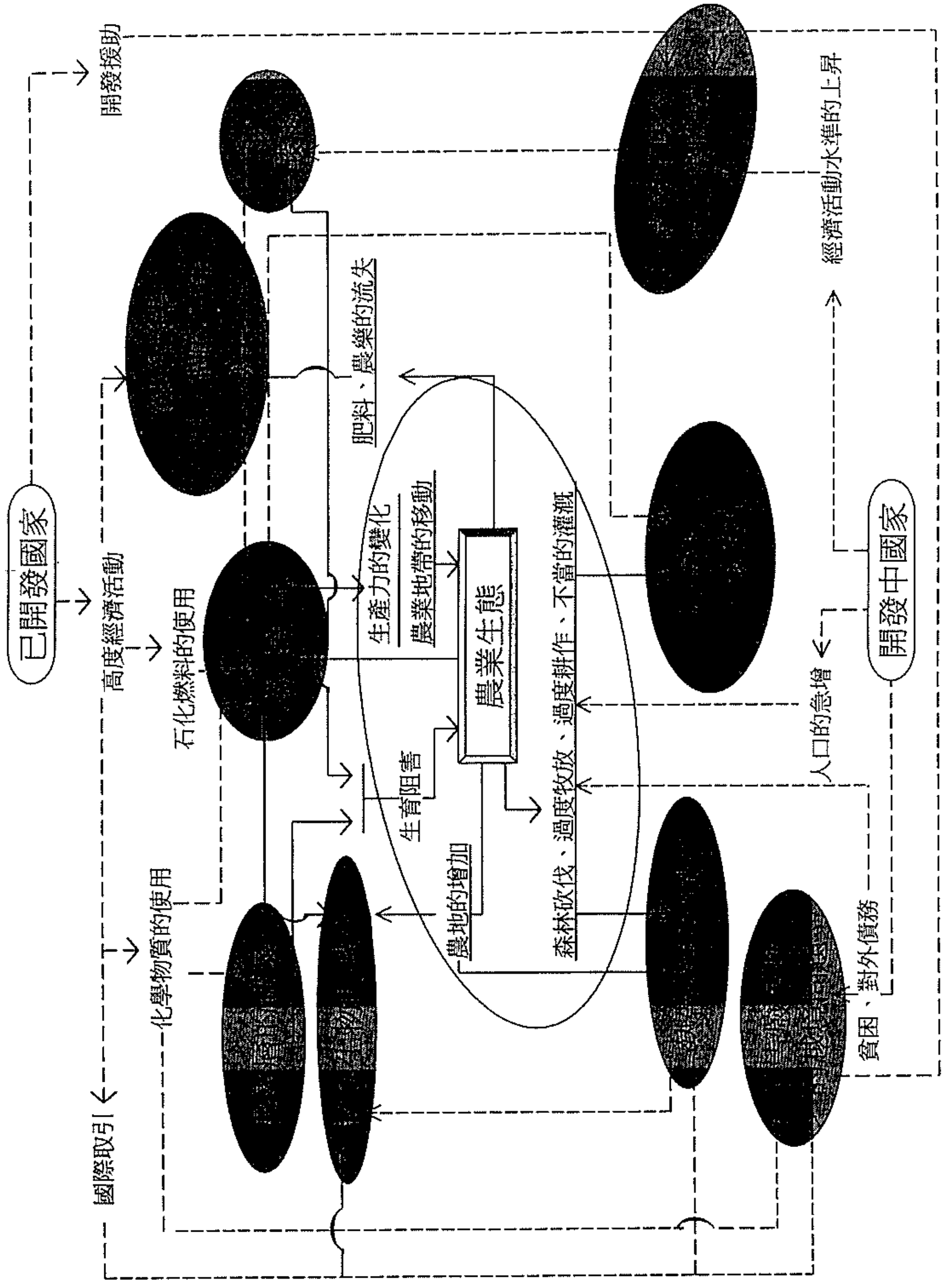
(資料來源：郭等，1998)

表 11、四十年來部分鄉鎮農田表土土壤有機質含量之變化

地點\年別	土壤有機質含量(%)			
	1950	1967	1981	1994
新城鄉	2.30±0.38[z] (7)	2.34±0.88 (142)	2.52±0.93 (21)	2.60±1.17 (213)
吉安鄉	2.35±0.33 (3)	1.44±0.41 (273)	2.21±0.57 (21)	2.24±0.66 (494)
池上鄉	— (0)	2.69±0.57 (160)	2.89±0.63 (19)	3.39±1.04 (493)
卑南鄉	2.83±0.94 (18)	2.10±0.75 (160)	2.89±0.82 (19)	2.64±0.88 (502)
大社鄉	1.81±0.43 (4)	1.36±0.49 (161)	1.57±0.75 (8)	1.34±0.61 (220)
永康市	1.21±0.52 (6)	1.00±0.36 (303)	1.10±0.42 (5)	1.61±0.56 (308)
彰化市	2.53±0.31 (6)	1.80±0.83 (426)	2.44±0.63 (20)	2.93±0.96 (469)
和美鎮	1.49±0.36 (7)	1.92±0.56 (329)	2.06±0.54 (42)	2.66±1.40 (522)

[z] 平均值+標準偏差(樣品數)

(資料來源：郭等，1998)


已開發國家
開發援助
高度經濟活動
石化燃料的使用
化學物質的使用
國際取引
肥料、農藥的流失
生產力的變化
農業地帶的移動
農業生態
生育阻害
農地的增加
森林砍伐、過度放牧、過度耕作、不當的灌溉
開發中國家
經濟活動水準的上昇
人口的急增
貧困、對外債務

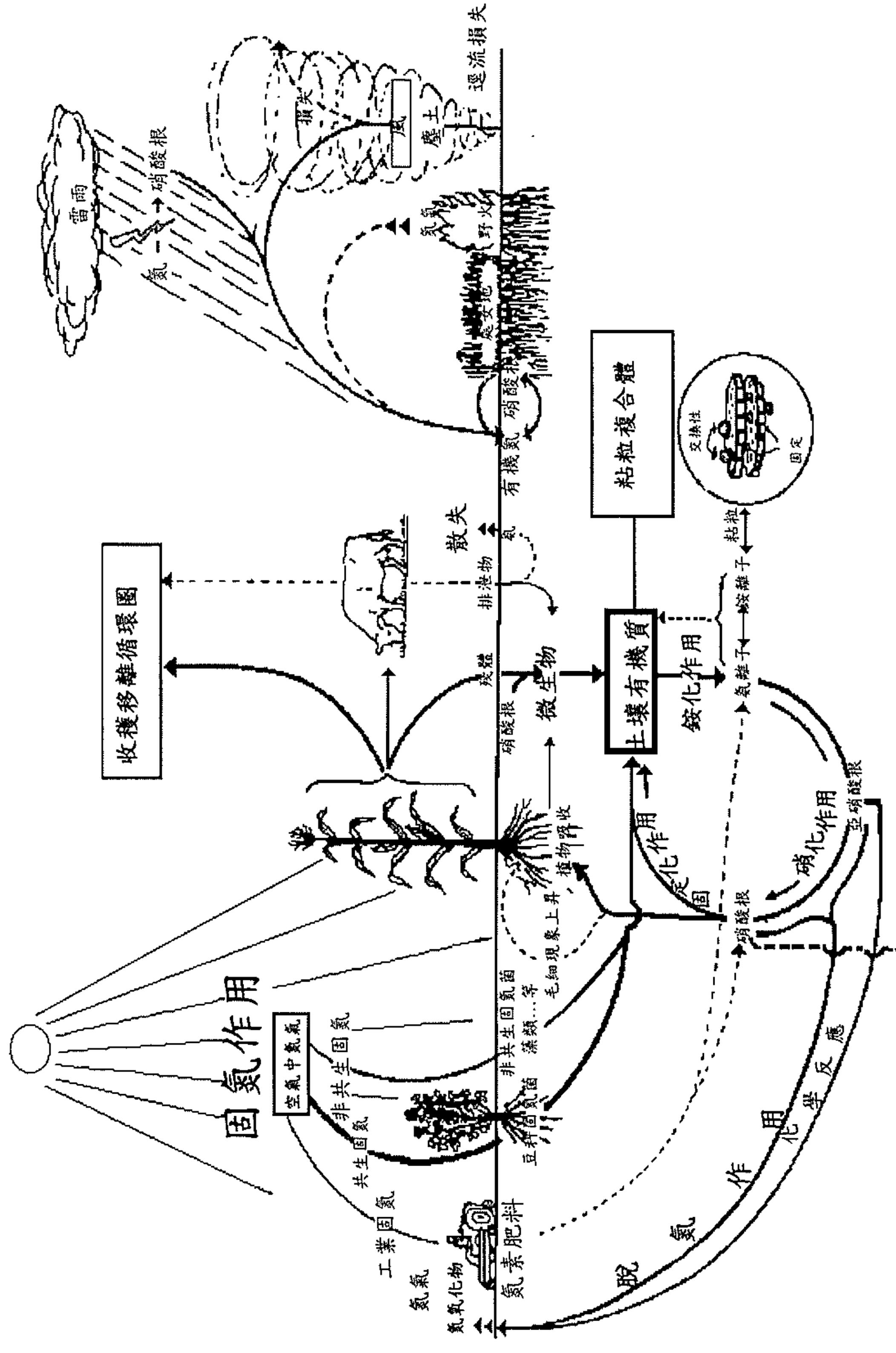

固氮作用
收穫移轉循環圖
雷雨
硝酸根
逕流損失
塵土
野火
殘體
微生物
排泄物
散失
有機氮
粘粒複合體
土壤有機質
銨化作用
硝化作用
固定作用
植物吸收
淋洗流失
脫氮作用
氮素肥料
工業固氮
共生固氮
非共生固氮
空氣中氮氣

圖2.氮素循環圖

(a) Taipei, Taiwan

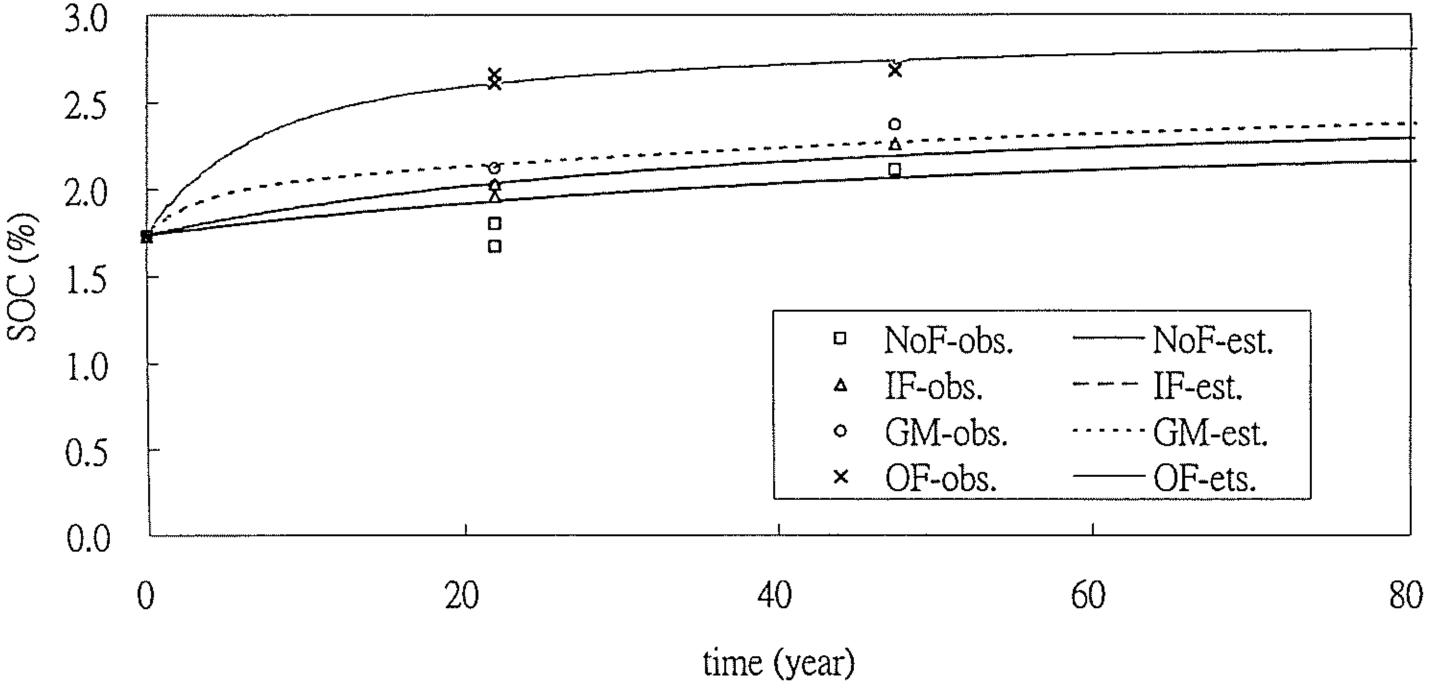


圖3. 台北試驗田(前農試所)長期施用同種肥料對土壤有機質(碳)累積之比較
(NoF:無肥區，IF:化肥區，GM:綠肥區，OF:廄肥區）
(資料來源：張等，1947，林等1973)

土壤資訊應用

郭鴻裕 劉滄棽 朱戩良 劉禎祺

臺灣省農業試驗所農業化學系

一、前言

近年資訊科技之高速發展，計算機性能越來越好，使用者亦越來越普及化，替農業現代化鋪設良好之基礎。世界各國已普遍發展農業資訊技術並應用於農業資源管理、作物生產管理與產量預測、畜牧生產、農業機械、農業經濟、農業經營管理、農業環境控制、作物病虫害預報等方面。資訊科技可使農業科技跨越一大步，帶來高效率、高經濟、高品質的農業生產、農業經營管理新紀元。

臺灣地區地質與地形複雜，土壤種類繁多，對於土壤特性之掌握不可不重視。又臺灣地區地狹人稠，除開發邊際土地舒解空間壓力外，對於有限土壤資源更應設法充分利用與保護，以解決未來之糧食、能源及日益惡化之生活環境問題。土壤資源之利用首重於土壤資料之掌握，自民國前一年起，臺灣省農業試驗所先後已實施完成九次不同類型之土壤調查計畫。這些土壤調查計畫應用在土壤管理、配肥措施及灌溉規劃等方面，對於臺灣過去之糧食增產有很大之貢獻；土壤調查資料表達也隨時代進步由圖文資料進展至資料庫與土壤資訊系統。最近一次(民國四十九年至六十七年)完成之土壤詳測調查資料對於本省之土壤性質瞭解極有貢獻；雖該項資料以定性資料為主，急待更新為定量資料(目前行政院農業委員會與臺灣省政府農林廳正支持一新的土壤調查計畫進行中)，但在現階段之農業發展仍有其利用價值。過去臺灣地區已完成耕地及坡地土壤調查，並印製有比例尺兩萬五千分之一土壤圖共 306 幅。

但土壤調查報告係以專業與言記載，非土壤專業人士無法充分利用，同時土壤調查圖文資料繁多，查閱或圖上作業費時費力，龐大之圖文資料必需應用資訊科技解決。利用地理資訊系統及專業之判釋，

可將各種艱深之圖文資料轉為各階層利用之主題圖，增加土壤資料之可利用度，發展一容易查詢及分析功能之應用軟體，讓使用者在不瞭解土壤資料庫結構及地理資訊背景，仍可以很快得到所需之土壤資訊及完整的土壤性質分布圖與統計資料是土壤工作者所期望。西方各先進國為因應社會大眾對土地利用及環境保護之需求，在七十年代以逐漸發展土壤資訊系統(soil information system)，供土地能限分級、農地利用規劃、稅級評訂、地下水保護、環境風險評估等等，充分發揮土壤調查資料之應用，其發展之經驗及應用方向足供我國之參考。

二、臺灣農田土壤資訊系統之建立

臺灣省政府及行政院農業委員會有鑒於農地管理之重要，於民國七十六年度起補助台灣省農業試驗所資訊設備，並先將臺灣地區稻田生產力分級圖數化，提供各地政單位查對農田生產力等級，以保護優良農田。同時土壤分布複雜、性質多、變異大，如何將土壤肥料試驗研究成果推廣於農田一直困擾土壤肥料及農業推廣人員，為建立一農田土壤管理資訊系統，以指導農民土壤肥培管理及保護農田，所以自民國七十七年度起臺灣省農業試驗所接續數化耕地土壤圖，該系統解決了土壤調查報告(共 11 冊，1678 頁)、圖籍資料龐大(164 幅，33 平方公尺)繁雜查閱困難(三萬多個圖塊)、專業用語之描述不易瞭解等諸多問題，同時利用地理資訊系統與專業知識之闡釋，將土壤圖文資料轉為各種主題圖，增加土壤調查資料之可利用度。同時臺灣省政府農林廳水土保持局也進行坡地土壤圖數化工作，因為受限於軟硬體設備之不同，兩資料庫並為完全整合。八十一年十一月經濟部成立國土資訊系統自然環境基本資料庫分組推動委員會，由經濟部資訊中心負責推動，並設有土壤、地質、地形、氣象、水文及水資源等六個常設性工作小組。八十四年度起由臺灣省林業試驗所及林務局進行林地土壤調查及森林土壤資訊之建置工作，目前仍進行中；八十六年度規劃建置『土壤調查資料庫』，將耕地及坡地土壤資訊系統整合，八十八年度進行『土壤調查資料庫』在作物適栽分析之整合應用規劃建置專案，

是跨氣象、土壤、地形小組資料庫並結合作物專業之應用專案，預計八十八年六月完成。

土壤資訊系統除解決了土壤調查報告、圖籍資料龐大繁雜查閱困難、專業用語之描述不易瞭解等諸多問題，同時利用地理資訊系統與專業知識之闡釋，將土壤圖文資料轉為各種主題圖，增加土壤調查資料之可利用度。該調查資料已由臺灣省農業試驗所建立為土壤資訊系統，並提供為各農業、水利、環保及工程等學們之政府、學術機關利用。

八十六年配合省府網際網路建置發展，開發土壤資料網路查詢系統(210.69.150.9/talhtml/)，以推廣土壤資訊，使各階層都能接觸到有關土壤的知識，進而關心土壤環境，了解土壤保育對人類生活的重要性。另外針對農業從事人員，包括：基層農會之推廣人員及農業改良場之土壤肥料研究人員之需求，開發『土壤肥力管理與改良資訊系統』。利用地理資訊系統的疊圖、分析功能，除可瞭解各地區土壤肥力概況外，也提供農田之利用與管理建議，如適栽作物種類、石灰推薦量估算、耕作應注意事項等功能，然而各類試驗與調查資料仍嫌不足，尚未能達到精密的要求。

目前該土壤資訊之應用事例皆屬於高層次之資源管理方面應用，由農民直接應用土壤資訊之發展則尚未起步。日本農業試驗單位利用進行 17 年之『地力保全基本調查』計畫資料，建立『日本農地土壤情報系統』，並發展推行農地生產環境情報系統實用化事業，進行全域性之作物適地評價圖化作業，以及建立地域性之土壤管理及施肥推薦系統，因應農民栽植作物有關管理技術之諮詢需求，穩定農業生產，提昇農產品質。本省在提供農民土壤管理及改良資訊尚處萌芽階段，需積極發展以因應未來農產品市場開放之挑戰。

三、土壤資訊系統在土壤肥培管理之應用

以目前之農業科技水準衡量，施用肥料仍是農業不可缺少之生產技術之一。如何應用土壤資訊，妥善利用土地資源並合理的施用肥料

而達到永續農業之目標，是土壤肥料人員之現階段工作重點，試舉幾個目前正發展或應用事例供參考。

1.妥善的利用土地資源

有關農田耕作之土壤特性，包括：有效水分含量、土壤氧氣供應能力、有效養分狀態、保肥力、土壤毒害物質、田間耕犁性等等，影響作物生長與田間管理甚大。在一塊田耕作，必然考慮要如何配合土壤特性選擇作物，這些土壤因子之考慮，即是大家所熟知『適地適作』之道理。適地適作是減少投入之先決條件，但是在經濟效益、動態過程及社會接受力等因子干擾下，特別是臺灣之農產品銷售價格常決定於市場之需求，故有時不適作農地亦得改良農田土壤，轉而栽種市場價格佳之作物。所以我們需要在『適地適作』與『市場價格』間取得平衡。

一般常見之例子為農友在強酸性土壤栽種忌酸作物，因為作物生長不良而懷疑施肥量不足，於是再三的嘗試施用各種肥料與過量施肥，但還是得不到應有之報酬。土壤資訊掌握平地地區之土壤性質空間變異，可用於評估地區之土壤性質與作物生長需求條件之適合度等級，而選擇有利之作物。以土壤養氣供應能力(由土壤排水等級與土壤質地、土壤構造等決定)為例，某一區域農田之土壤通氣不好，好氣性作物根系呼吸受阻，我們當然以選擇耐水性作物或水生性作物為宜。如果此類作物價格不良(可能該類作物生產過剩或品質不佳)，生產成本不合經濟效益，退而求其次，可以在栽培技術尋求解決方法，改善生產品質，或只好投資進行土壤排水改良工程，提供選擇其它作物之機會。通常土地資源之利用是需要以區域或國家規模之尺度考量，也應由國家在考量整體農業發展方向後，再輔導農民選擇栽植作物，以減少不必要之投資浪費，一般少有由個人農田來進行土壤改良工作。

2.肥料施用推薦量與施肥技術之利用

土壤性質(土壤溫度、土壤硬度、有效水分含量、通氣性、土壤酸鹼度、其它有效養分、有害物質等等)會影響植物根系之活性與伸展，同時也會直接或間接的影響肥料有效性。利用土壤資訊可以因

地制宜的估算肥料之施用量、補充缺乏之必需元素與調整施肥方法，推薦地區之施肥量與施肥方法，提高作物之肥料利用率。

以土壤資訊之資料應用於評估臺灣地區農田土壤鎂肥之需求為例說明，交換性鎂其含量通常與作物鎂吸收量有密切相關，但國人較少注意。一般人以酸性且粗質地土之交換性鎂絕對低限值為0.2 cmol.(+) /kg 土，但一般熱帶地區交換性鎂低於0.5 cmol.(+) /kg土含有缺鎂徵狀；部分資料顯示認為交換性鎂在4.0 cmol.(+) /kg土方足夠，依作物類別及土壤性質而異。又如以日本地力增進標準土壤交換性鎂至少應為陽離子交換能量之15%評之，則臺灣平地農田之紅壤、中南部非石灰性砂頁岩沖積土、東部片岩沖積土及宜蘭地區非石灰性板岩沖積土之土壤交換性鎂含量顯然不足，有待提昇或對於鎂元素管理應加以注意。

最近調查各土類土壤交換性鎂之平均值及標準偏差詳如下表：

表1、調查區農田土壤交換性鎂之平均值及標準偏差

層次		砂頁岩[1] 沖積土	片岩[2] 沖積土	砂板岩[3] 混合沖積土	石灰性[4] 砂頁岩沖積土	紅壤[5]	非石灰性[6] 板岩沖積土
		土壤交換性鎂 (cmol.(+)/kg 土)					
1	平均值	1.08	0.51	3.16	1.81	0.56	0.80
	偏差	0.42	0.35	0.30	0.79	0.35	0.30
2	平均值	1.15	0.45	2.18	1.80	0.50	0.77
	偏差	0.49	0.41	0.80	0.75	0.32	0.29
3	平均值	1.25	0.45	2.09	1.92	0.45	0.68
	偏差	0.54	0.48	0.86	0.80	0.36	0.23

附註：[1]砂頁岩沖積土：潭子、大里、大社。[2]片岩沖積土：新城、卑南。[3]砂板岩混合沖積土：彰化、和美。[4]石灰性砂頁岩沖積土：安定、七股、西港、永康。[5]紅壤：八德、埔里大平頂。[6]非石灰性板岩沖積土：羅東。

由表可知片岩沖積土、紅壤及非石灰性板岩沖積土等三土類之土壤交換性鎂偏低，砂頁岩沖積土則在邊緣。東部片岩沖積土、紅壤地區之作物缺鎂甚為普遍，是已知之事實，宜蘭地區之非石灰性

板岩沖積土是否缺鎂則需進一步確認。交換性鈣鎂比是否平衡，亦影響鎂元素之有效性。

土壤交換性鎂值偏低，應當施用鎂肥改善，臺灣省農業試驗所在埔里大平頂紅壤地區缺鎂百香果園施用含鎂石灰8噸/公頃，除可以增產60%以上，對於百香果品質亦大幅改進；新社地區之枇杷、后里外埔地區葡萄缺鎂亦有驚人之改善生產量與品質效果。

3.增加與穩定生產－土壤改良之利用。

土壤性質不良自然影響作物之生長，亦影響作物對養分之吸收，透過土壤改良技術可以改進土壤生產力，增加與穩定農業生產，也直接或間接增加肥料利用率，保護環境品質，提高經濟效益。土壤資訊可以提供地區之土壤改良項目與面積，供為評估土壤改良區之優先順序及土壤改良之效益。

地力增進計畫是一正積極推動之政策之一，其主要目的在於改善農田土壤性質，以提高農作物產品之質與量。臺灣省農業試驗所配合該項計畫，以土壤資訊為基礎，評估臺灣地區農田土壤待改良項目有十一項，包括：有效土層淺、表土石礫、表土耕犁性差、土壤鹽分、酸性土壤、排水不良、土壤保水力低、土壤養分含量低、土壤污染、風害及其他整體性之問題(如土壤有機質含量、犁底層問題)等。報告中提示各項土壤改良之重要性、改良方法與過去曾進行之試驗或小規模計畫之改良成效，同時列出各鄉鎮、縣等行政單位之改良面積，可供各級農政單位執行計畫參考。

透過農地力增進計畫之執行，可達到下列目的：提高農地之生產力，振興農村經濟，穩定農業生產，安定社會；改善耕作環境，增加農民選擇栽培作物機會，以增加開放市場挑戰之競爭力；提高土壤生產力，降低作物生產成本；配合其他農業政策、計畫，擴大其它計畫成果；改善農地污染問題，保障國民健康。

4.保育資源與增進環境品質－農耕環境敏感地之劃定。

農業之施肥措施常被認為地表水或地下水質污染之主要原因，以目前施肥技術水準而言，為了維持一定水準之產量，又要降低耕作成本，施用肥料難免會影響環境品質，特別是氮肥。另一方面不

同作物之肥料吸收率差異很大，不同作物所需肥料量亦不相同，如果不能明瞭作物之需肥量與吸收肥料型態、時期，不當之施肥自然造成環境之污染。臺灣地區許多農田位於舊河床或沖積扇，土層淺薄且富砂礫，造成地域性之土壤保肥力小、土壤之滲漏性快、地下水位高及地表逕流等問題，肥料在土體中之移動快速，如不能小心施用肥料，施用過剩之肥料流入地表排水系統或地下水層即造成地區性之水質污染問題。

土壤資訊可以評估各地區之土壤性質對肥料動態承受力，評定農耕環境敏感地等級。在農耕環境敏感地區應當採取：(1)選擇低肥需求之土地利用型作物；(2)減少肥料用量耕作方式；(3)高肥料利用效率之施肥技術等措施，並加強農民施肥量之監測與管制措施。政府則應當補貼農民採用這些措施之損失，以減少施肥對環境敏感區之肥料污染問題，保障國民健康與良好之生活環境品質。

三、工作成果

1.成果之應用

第一階段之土壤資訊系統資料建檔之工作完成後，利用資訊系統進行分析、闡述土壤資訊，將不易為一般人員瞭解之繁雜土壤專業資訊轉繪成簡易可讀之各種主題圖文資料。整理臺灣地區農田土壤之性質、歷年土壤改良之試驗結果，統計各鄉鎮之待進行土壤改良之農田面積，供為政策制定及地方執行之參考，達到充分利用及管理農田土壤資源之目的。在此期間完成『臺灣地區農田地力增進初步調查報告』一冊及各種省、縣及鄉鎮尺度之土壤性質闡釋圖三百餘幅。

協助及訓練農林廳及各區農改場人員利用利用土壤資訊系統，以發揮土壤資訊功能，善用土壤資源。以農林廳每年舉辦之酸性土壤改良計畫為例，說明其應用功能。酸性土壤改良每年由各縣市政府提報擬改良區域、面積，但常因土壤資訊不足及地方因素影響而使得計畫效益打折扣，如今採用本系統，可以查核所提報之酸土改

良區域是否符合改良要件，以及預先規畫經費之分配，促使政府之經費有效運用。

2.資訊提供服務

自從自然環境基本資料庫分組成立以來，於八十三年度訂定本分組之『資料目錄管理』資訊，提供本工作小組之土壤調查資料庫內容概要，可以讓外界瞭解資料庫內容而向資料供應單位函所土壤資料，並加以應用，函所資料之案件不斷增加。以農試所在八十二年度至八十七年度間即提供了四十二件次之服務，服務範為包括農業、工程、地政及環保等等各不同領域。服務記錄及利用範圍如下圖表：

八十二年度至八十七年度平地土壤資料庫對外提供服務記錄

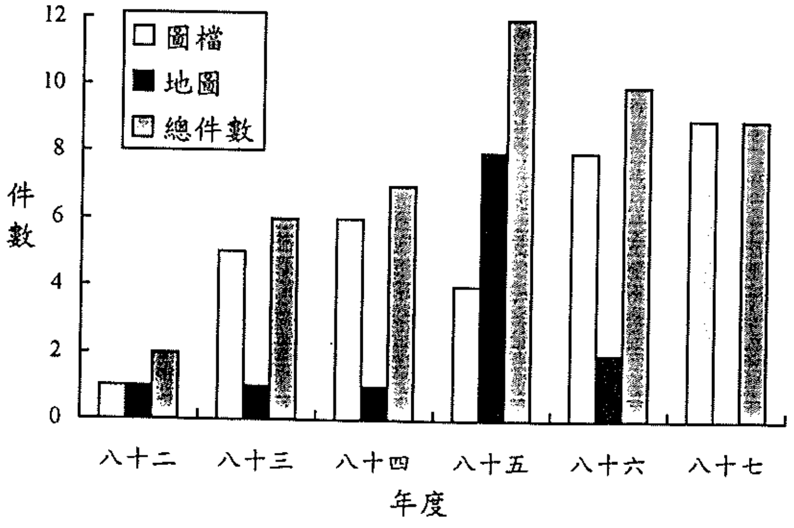
單位	索取資料說明
八十二年度	
國立台灣大學農學院	臺南地區平地土壤調查資料
逢甲大學土地管理學系	台灣地區稻作生產力等級圖檔
八十三年度	
台灣省水利局	臺灣地區平地土壤圖數化圖檔
中華民國國家公園學會	花蓮縣、台東縣平地土壤圖
國立成功大學	台南縣、市平地土壤圖數化圖檔
交通部臺灣區國道新建工程處	臺灣地區平地土壤圖、台灣地區稻作生產力等級圖
國立成功大學	嘉義縣平地土壤圖數化圖檔
八十四年度	
凱瑟工程顧問公司	臺灣地區平地土壤圖數化圖檔
國立成功大學	嘉義縣及台南縣、市平地土壤圖數化圖檔
經濟部中央地質調查所	濁水溪沖積扇平地土壤圖數化圖檔
中油煉製研究所	臺灣地區平地土壤調查資料
中興大學資源管理研究所	基隆河流域平地土壤圖數化圖檔
國立台灣師範大學地理系	臺灣地區平地土壤圖數化圖檔

八十五年度	
國立台灣師範大學地理研究所	臺中縣水田生產力等級圖、臺中縣土壤圖
經濟部水資源統一規劃委員會	臺灣省二萬五千分之一耕地土壤圖
台灣大學建築與城鄉研究發展基金會	協助土壤圖檔轉換工作
屏東縣政府	南州、枋寮、等四鄉鎮一、二期水田生產力等級圖
經濟部中央地質調查所	宜蘭平原土壤圖及調查報告
台南縣鹽水鎮公所	鹽水鎮一、二期水田生產力等級圖
糧食局肥料運銷處	臺灣地區土壤質地、有機質、有效性鉀、有效性磷含量等級圖
農林廳水保局第一工程處	新竹縣湖口鄉土壤圖
中興大學資源管理研究所	桃園縣土壤圖
中興大學水保系	桃園縣土壤圖
台南縣鹽水鎮地政事務所	鹽水鎮一、二期水田生產力等級圖、土壤鹽份含量等級圖
台灣大學全球研究變遷中心	台灣地區土壤圖

八十六年度	
中央研究院植物研究所	台灣地區表土質地分布圖
農林廳農經科	協助轉換全省農地利用調整等四項資料圖檔
國立台灣師範大學地理研究所	新竹縣、苗栗縣土壤圖
國立台灣大學農業工程系	桃園縣土壤質地分布圖
工業技術研究院能源與資源研究所	台灣地區土壤圖
財團法人土木科技研究發展文教基金會	屏東縣土壤圖
臺灣省住都處市鄉規劃局	花蓮縣、台東縣土壤圖
台灣省水利處	臺灣地區平地土壤圖數化圖檔
國立台灣大學農業工程系	新竹縣土壤質地分布圖

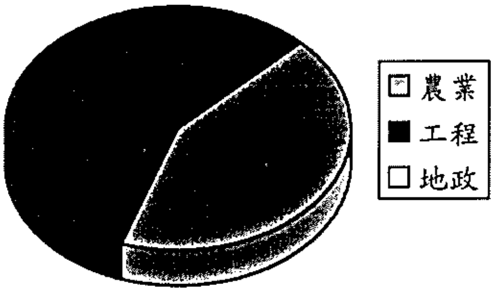
八十七年度	
臺灣省住都處市鄉規劃局	花蓮縣、台東縣土壤圖及一、二期水田生產力等級圖數化圖檔
臺灣省政府水利處	台灣地區土壤圖數化圖檔
國立中央大學	桃園縣、新竹縣土壤圖數化圖檔
臺灣省政府環境保護處	台灣地區土壤圖數化圖檔
朝陽科技大學	金山地區土壤圖、農田肥力圖
國立成功大學	台灣地區土壤圖、土壤資料庫
台灣大學建築與城鄉研究發展基金會	宜蘭縣土壤圖及數化圖檔
臺東區農業改良場	繪製臺東地區主題圖

土壤資訊系統對外提供資料件數歷年之比較

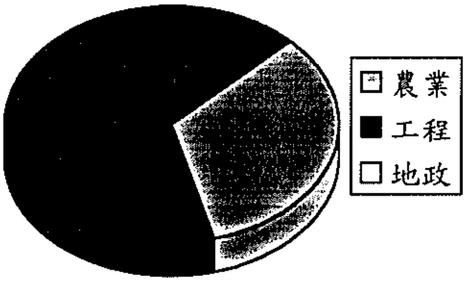


土壤資訊系統對外提供資料使用類別歷年之比較

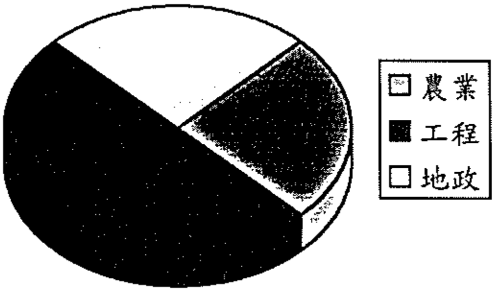
八十三年



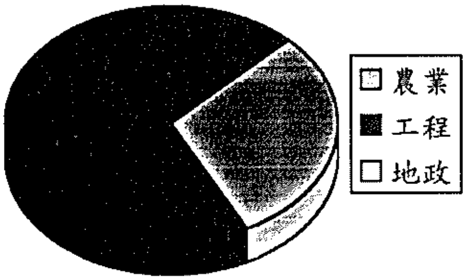
八十四年



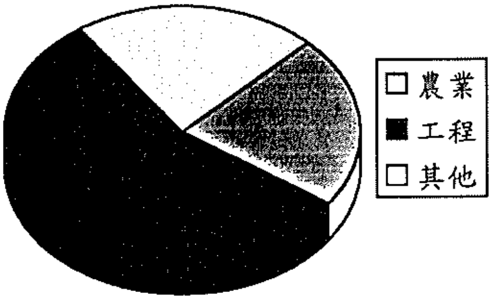
八十五年



八十六年



八十七年



3.資訊服務產值效益評估

85-87 年間單以臺灣省農業試驗所之土壤調查資訊服務提供農業、地政、工程、水利、區域規劃、環保及學術機構共 34 件次之服務，提供之土壤圖及電子檔服務直接價值至少可節省再調查所需經費約 3,384,000,000 元(每公頃調查約為 300 元)及 180 年(全省調查 17 年 x 9 + 27 年零星調查)之調查時間，由本項資料應用產出之間接價值則不計算在內。

四、未來之工作重點

1.臺灣地區之土壤調查資料分別在二十餘年間完成，因沒有有專責單位負責進行，計畫間斷與人員更替，使得土壤調查資料未能整合及標準化，無法充分的發揮土壤資料之應有效果。本工作小組自八十六年度起，開始建置共用性之土壤調查資料庫，即在整合及擴充現有之土壤調查資料庫。待土壤調查資料庫整合完成之後，土壤調查資料之標準化工作應接續進行，將過去土壤調查資料及後續之調查工作建置成為具有前瞻性、一致性並符合未來需求之土壤資料庫，才能發揮土壤調查資料庫之真正功能。

2.現有之土壤調查資料已完成二十年，因為過去之土壤調查技術受限於專業技術而使得現有之土壤調查資料欠缺已無法符合定量、精確化之現代需求，急待土壤工作小組之共同努力，更新及擴充臺灣的區土壤資料庫內容。

3.以地理資訊系統技術配合開發專家系統，以擴充目前以資料查詢為主的使用方式。以農業利用為例：結合土壤養份循環模式，開發肥料承受力之分析模式，並利用土壤資料估算不同生態環境之肥料等投入承受力及繪出分級圖。又如進行全域性之作物適地評價圖化作業，以及建立地域性之土壤管理及施肥推薦系統，因應農民栽植作物有關管理技術之諮詢需求，穩定農業生產，提昇農產品質。

認識有機質肥料與施用技術

簡 宣 裕

臺灣省農業試驗所

一、有機質肥料是什麼？

所謂有機質肥料是生物殘體、新陳代謝產物、有機廢棄物經性質穩定後，可施用於田間當做肥料者，都可稱為有質肥料。有機質肥料與化學肥料之最大差別，在於化學肥料是人工合成的，具有速效性肥效，但是容易流失，如果長期使用加上土壤管理不當，可能使鹽類累類積於土壤中，造成土壤物理性與化學性變壞、生物活性減小，導致生產力降低。有機質肥料是自然產物，大部份肥效較緩，但比較持續長久，可補充及增加土壤有機質，增進土壤的構造、涵蓄水分能力及土壤肥力、生物活性及分泌出某些植物生長激素，促進作物生長。

二、有機質肥料的種類

（一）糞尿類

1.人糞尿

本省稱水肥，我國農業史上施用於農田開始於二千多年以前，是古代保持土壤肥力的主要方法，通常須先靜置 7 - 10 天腐熟後才能施用。

2.家畜糞尿

牛、馬、羊及豬等家畜之糞尿，在寒冷帶多直接施用，溫暖地區普通做成堆肥後施用。

3.家禽糞尿

家禽糞尿可直接使用，但濕的禽糞尿最好先風乾處理，以利搬運及施用，家禽糞尿三要素含量均較家畜糞尿高，含豐富磷肥。但家禽糞尿最好經腐熟後施用。

4.海鳥糞

有氮質海鳥糞與磷質海鳥糞二種。氮質海鳥糞含氮 11 ％ 至 16 ％ ，磷 3.4 ％ 至 5.1 ％ ，鉀 1.7 ％ 至 2.5 ％ 。磷質海鳥糞含氮 4 ％ 至 6 ％ ，磷 8.6 ％ 至 10.7 ％ ，磷肥係由鈣、鉀及銨鹽所組成。

(二) 農產加工副產品肥料

1.血液

血液含豐富氮，但是磷與鉀含量少，含氮量可至 15 ％ 。

2.乾血粉

經乾燥研磨而成，一般含氮 10 ％ 、磷 1.5 ％ 。

3.骨粉

將動物骨頭，加壓蒸煮脫脂磨粉的產物，肥效較緩，通常當做基肥。平均氮含量為 2.3 ％ ，磷含量 27.5 ％ 。

4.蹄角粉

含氮 10 ％至 15 ％ 、磷 0.9 ％ ，可做為生長時間較長作物的基肥。

5.蟹殼粉

氮含量 2.73 ％ 、磷 1.74 ％ 及鉀 0.39 ％ 。

6.蚵殼粉

含 0.20 ％ 氮、 0.06 ％ 磷及 0.02 ％ 鉀。

7.魚肥

不能食用之魚或加工魚品之殘物除去水分及油脂乾燥後製成魚粕，若再經磨碎成粉則稱為魚乾粉，為鹼性肥料，含氮 7 ％ 至 6 ％ 、磷 5.1 ％ 至 6.9 ％ 。

8.油粕類肥料

主要種類有大豆粕、菜種粕、花生粕、芝麻粕、茶實粕、椰子油粕等二十幾種，油粕通常當做基肥。氮含量豐富，但是缺乏磷與鉀。新鮮油粕含有機酸，對種子發芽及幼小作物有害，宜先使其腐化後施用。

(三)活性污泥

衛生下水道污水處理過程中沉積於底部之物質是為活性污泥，通常須經堆置腐熟後才做為有機質肥料，一般經腐熟之污泥其含氮 4 % 、磷 0.9 % 及鉀 0.3 % 。

(四)伯卡西肥。

(五)有機液肥。

(六)堆肥。

三、有機質肥料製造

(一)伯卡西肥

材料：米糠 200 公斤，菜子粕 200 公斤，魚粉 100 公斤，骨粉 100 公斤。微生物：配製綜合性有益微生物及黑糖或糖蜜各 500 倍混合液 180 公升。

製造方法：稱取黑糖 360 公克倒入塑膠桶內，加清水 180 公升，然後倒入綜合性有益微生物 360 cc混合均勻，使其成為黑糖微生物水。將米糠、菜子粕、魚粉及骨粉混合均勻後，慢慢將黑糖微生物水倒入，直到濕潤程度，即以手握之可成塊，但鬆開手指稍加振動即刻散開，然後將混合好的材料平舖在水泥地面上，厚約 15 cm。上面蓋以麻袋，每天翻堆 1 次，使其溫度保持在 45℃以下（以手插入不覺得燙手的　程度)，約一星期左右，微生物充分繁殖後即可攤開讓其乾燥後裝袋以供使用，約可保存半年。

(二)有機液肥

1.氮質液肥

材料：清水 100 公升，豆粉 6 公斤，米糠 6 公斤，磷礦粉 1 公斤，海草粉 2 公斤，黑糖 12 公斤，綜合性有益微生物 2 公升。

製造方法：準備 120 公升塑膠桶一個，將清水及全部材料倒入桶中後每天早晚各攪拌一次，每次約 3－5 分鐘，連續約 14 天，約經過 30 天左右即可使用。豆粉可改用菜子粕與花生粕等其他油粕類。

2.磷質液肥

材料：清水 100 公升，米糠 3 公斤，磷礦粉 6 公斤，海草粉 2 公斤，黑糖 10 公斤，綜合性有益微生物 2 公斤。

製造方法：準備 120 公升塑膠桶一個，將清水及其他全部材料倒入桶中，每天早晚各攪拌一次，約經過 15－30 天後即可使用。

3.低氮磷質液肥

材料：清水 100 公升，米糠 6 公斤，磷礦粉或海鳥粉 3 公斤，海草粉 2 公斤，黑糖 10 公斤，綜合性有益微生物 2 公斤。

製造方法：與氮質液肥相同。

(三)堆肥

1.堆肥須經堆積腐熟穩定化之原因

(1)降低碳氮比或避免氮素損失

堆肥材料通常碳氮比大時，若直接施用於土壤中，於施用後初期造成土壤中可供作物吸收利用之有效性氮素、磷素及鉀素減少，尤其以有效性氮的減少最受影響，對作物生長不利，故需要堆積腐熟。堆肥材料經堆積後，有機物開始降解，碳氮比逐漸降低至碳氮比穩定後便達到腐熟，堆肥材料之碳氮比之所以能降低，大部份是因為微生物自堆肥材料中吸取養分，做為繁殖與能源用，微生物吸取碳與氮數量之比，於微生物繁殖時是 10 比 1，於微生物活動時為 20 比 1，因此堆肥材料中之碳逐漸被降解代謝掉，因此碳氮比逐漸降低。碳氮比低時，若直接施用則可能造成作物受氨氣的毒害，且直接進行堆肥化時，氮素會大量以氨氣 $NH_{3(g)}$型式散發損失掉。

(2)改善物理性

堆肥材料之莖桿、殘葉、稻草及樹皮等粗大有機物，大多堅硬強韌，物理性不好，經堆積降解腐熟後變成脆細與柔軟，利於撒佈及與土壤混合均勻。

(3)減少有害成份

有機物分解時會產生硫化氫、甲烷、氫氣、酚及有機酸等物質對作物有害，若堆肥材料經過堆積降解，可減少有害成份。

(4)消滅病菌、蟲卵及雜草種子

很多病菌與蟲卵附著於穀實及莖桿等堆積材料上。堆肥製造期間

溫度最高可達到 60 ℃ 至 80 ℃ ，大部分病菌、蟲卵及雜草種子在此種溫度下可被殺滅。

(5)避免直接施用於土壤時產生高溫及缺氧，影響作物之生長

家畜與家禽糞雖然碳氮比低但含有大量易被微生物利用之醣類，此些醣類經微生物降解，醣解作用 （glycolysis） 產生丙酮酸、丙酮酸乙醯化生成乙醯輔酵素 A（acetyl Co A） 而進入檸檬酸循環 （the tricarboxylic acid cycle）生成 NADH 及 FADH ， NADH 及 FADH 進入電子傳遞系統 （electron transport system） 產生 ATP。微生物活動及繁殖時 ATP 變成 ADP 、 Pi 及能量，所釋出的能量供微生物進行代謝作用，相對的促使周圍環境缺氧及溫度上升，影響到作物正常正長。禽畜糞若先經過一段時間之腐熟作用，由微生物代謝掉這些醣類，則沒有上述對作物不良的影響。

2. 堆肥化過程較合適條件

(1)足夠的氧氣

堆肥化過程中降解有機物的微生物大多屬於好氣性微生物，所以氧氣的供給是非常重要。供給氧氣的方法如機械翻堆、送風機送風等，氧氣不足時厭氧性微生物會增殖，不但降解有機物較困難且會產生硫化氫、低級脂肪酸及低級醛等臭氣來源。但送風量過大或攪拌過度，熱及水分消失快，溫度急速下降。瑞穗尚等人報告適當的送風量是每立方公尺每公鐘 100－200 公升。

(2)適當的水分

水分是微生物增殖必要的條件，如果水分含量低於 30 % 以下，微生物的增殖即被抑制。相反的如果水分含量高於 70 % 以上，則空隙率低，空氣不足，嚴重時反而成為厭氣醱酵狀況，堆肥化速度變得很慢。堆肥化過程最適當的含水率是 55 － 65 % ，水分調整的方法常用的有 4 種 ： 添加稻殼、木屑等有機纖維物，機械脫水，塑膠乾燥房乾燥，添加已腐熟堆肥。

(3)調整碳氮比例

堆肥化過程有機物由微生物分解，而微生物增殖與活動的能源是來自碳水化合物，形成細胞時最適當的碳氮比例是 20：1 。家畜種

類的不同，糞中所含的碳氮比值不一，牛糞為 20 － 23 ，豬糞為 10 － 14 ，雞糞為 9－10 ，而土壤的碳氮比值為 10－15 ，所以堆肥化處理時牛糞可不必另外調整其碳氮比值。豬糞與雞糞應適當調整，避免於堆肥化過程會有大量的氮以 $NH_{3(g)}$ 散發損失及產生氨臭味，而調整材料以稻殼與木屑居多 。

(4)酸鹼值

分解堆肥的微生物喜好微鹼性，即 pH 7.0 - 8.0 ，一般禽畜糞於製造堆肥時不必調整 pH ，但材料的 pH 太低時可用石灰調整。

(5)適合的堆積高度

堆肥材料堆積高度的不同，則單位容積內的重量有差別，以豬糞添加稻殼為例，調整水分後之含水率為 64 % 時，在堆積高度 0.5 公尺、 1.0 公尺、 1.5 公尺時，每立方公尺之容積重量分別為 610 公斤、 660 公斤、 710 公斤，所以堆積高度愈高，容積重愈大，孔隙率減少，氧氣之供給困難，在送風式堆肥製作時，仍以不超過 1.5 公尺為宜。

3.製作方法

收集堆積材料

↓

適當地切斷依堆肥的用途切成適當長度

↓

材料調整水分至 65 % - 55 %

↓

調整酸鹼度

↓

進行堆肥化發酵過程

4. 堆肥化發酵過程方式

臺灣農業廢棄物堆肥化過程的主要方式，可以歸納為七種，可依禽畜糞及農產廢棄物的種類、處理量、投資額等條件參考採用。一般堆積方式若設備投資較少，則處理期間較長約 2－3 月。而機械攪拌

方式，設備投資及維持費用較多，但堆肥化過程所需要的時間較短，約 2－3 週。各種進行堆肥化過程的方式：

(1)裝袋堆積式。

(2)箱型送風式。

(3 堆積方式堆肥舍。

(4)有送風設施堆肥舍式。

(5)為橫軸迴轉攪拌式

橢圓型醱酵槽式、條溝型醱酵槽式。

(6)杓子式攪拌

套裝杓子式堆肥自動翻堆機及 U 型鋼板式醱酵槽、天車懸樑式、圓形杓子式翻堆機。

(7)密閉圓筒式發酵槽

直立圓筒式發酵槽、橫式圓筒式發酵槽。

四、有機質肥料施用

(一)一般農產加工副產品

1.需在種植前一段時間先施入土壤並犁入土中。

2.不可直接施用在作物根部。

(二)伯卡西肥

1.基肥

使用量因作物種類不同而有很大差別，通常都按照各作物的氮素推薦量計算使用，一般每分地用量約 200 - 600 kg，均勻撒施於地面，翻入土中深度約 15 － 20 cm ，不必太深，或條施於植溝後覆土，不必太厚，約經過 7－14 天即可種植幼苗或播種。

2.幼樹追肥

定植 7 天以後即可使用，一般用量每分地 40 - 60 kg ，撒佈於幼株周圍，距離主幹約 10 cm ，施肥帶寬 15 － 20 cm ，輕輕覆土就可。

3.壯老年或病弱樹追肥

用量減半，但次數增加，視新芽生長情形而定，應施放於根部生長旺盛部位，距離主幹約 50－100 cm 。

(二)有機液肥

1.氮質液肥使用法

適於各種作物生長長初中期使用以促進營養生長或果實生長，也可於果樹採收後做裡肥使用，噴葉用 100 倍（先過濾），灌土者不必過濾，接加水稀釋 30－50 倍後以馬達抽取灌施。

2.磷質液肥使用法

適於氮素過多之作物。 2－4 個月間長期陰雨，日照少，或因氮素太多而花芽分化不良之果樹或果菜類，每間隔 4 - 5 日連續噴施或灌施於土壤二次以上。結果中後期灌施於土壤以提高果實糖度。噴葉用 100 倍（先過濾），灌土用 30－50 倍。

3.低氮磷質液肥使用法

適於養分不太夠之果樹或果菜類結果中後期使用，以促進果實生長並提高糖度。噴葉用 100 倍（先過濾），灌土用 30－50 倍。

(一)堆肥

1.施用量

(1)牧草及草皮

一般而言可以大量地施用家畜、家禽糞堆肥，因草皮及飼料作物較耐高濃度養分，但過量的施用可能造成作物體內有大量 NO_3^- 生成。每公頃較適合施用量，牛糞堆肥為 30 - 40 噸，豬糞堆肥為 20－30 噸或家禽糞堆肥為 5 噸。

(2)水田

每公頃較適合施用量，牛糞堆肥 15 噸，豬糞堆肥 10 噸或家禽糞 2 噸。

(3)蔬菜

堆肥施用於蔬菜田是很重要的，因為施用後，可以維護蔬菜田土壤的化學、物理及生物性質，而促使蔬菜產量高與品質良好。需要肥料量較低的蔬菜如馬鈴薯、菠菜、紅蘿蔔，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10 至 15 噸或家禽糞堆肥 2 噸。需要肥料量較中等的蔬菜如甘

藍、萵苣、番茄，每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 15－20 噸或家禽糞堆肥 2－3 噸。需要肥料高的蔬菜如胡瓜、甜辣椒（green pepper），每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 25－35 噸、家禽糞堆肥 4－5 噸。

(4)旱作

玉米、高梁、蕃藷，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10－20 噸，家禽糞堆肥 2－3 噸。茶園，每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 20－25 噸，家禽糞 4 噸。菸葉，每公頃施用 15－20 噸牛糞或豬糞堆肥， 3 噸家禽堆肥。

(5)果樹

每公頃施用牛糞、豬糞堆肥 8－12 噸或家禽糞肥 4－5 噸。

(6)花卉

每公頃施用牛糞或豬糞堆肥 10－20 噸，家禽糞肥 5－6 噸。

(7)施用牛糞或豬糞堆肥

需要考慮存在於堆肥中的重金屬例如銅的含量，然後酌量使用，最好購買有登記註冊且標示肥分牌有機質肥料。

2.施用方法

(1)撒放（broadcasting）

草皮與草地以此方式施肥。

(2)撒施後犁入土壤（broadcasting and plowing under）

在播種或種植前，將堆肥撒施後馬上犁入土壤中，短期作物、某些一年生作物可採用此種方法。

(3)溝施（furrow application）

長期作物如甘蔗與馬鈴薯適用此法。開條溝於作物旁邊、施入堆肥及覆土。

(4)堆施（hill application）

將堆肥大量堆置於果樹或香蕉的旁邊。

(5)穴施（hole or pit application）

將堆肥和土壤混合後施入穴中，此法常適用於果樹幼苗栽種時。

(6)環施（ditch application）

於果樹周圍環狀開淺溝，然後將堆肥施入及覆土。

五、有機質肥料施用需掌握之重點

（一）栽作物作物種類的選定及養分吸收特性瞭解。
（二）耕地土壤的瞭解。
（三）選擇肥料種類的瞭解。
（四）及調配合適有機質肥料。
（五）合理的施用量。
（六）施肥位置及施肥方法。

作物合理化施肥技術與應用

林木連　羅淑卿

台灣省農業試驗所　農化系

一、 前言

作物合理化施肥就是作物的合理化養分管理(rational nutrient management)，也就是說要看土壤的性質與肥力、作物養分需要、及氣候狀況施下正確的肥料用量、肥料種類（型態），施用肥料也要適時，近來歐美各國更有依農地內不同肥力與產量的分佈關係而施肥，即所謂的精準農耕式(precision agriculture)的施肥。

作物合理化施肥的目的是要以適當的施肥成本來獲得良好的農作物產品品質及收量，提高農作物的收益，同時也要兼顧生態環境的維護。由於過去公營肥料的產製長期受政府的補貼，使農友可享受低廉的肥料購用成本，但在台肥公司民營化之後，此項補貼的政策勢必終止，也就是說肥料的售價會反應真正的成本，肥料的價格勢必調漲，且我國即將加入 WTO，農產品之產銷也勢必遭受進口農產品之競爭，為強化國產農產品之競爭，就必需強化農作物的栽培，包括降低生產成本，提升產品品質，而施肥是作物栽培重要的管理操作，合理化施肥的靈活成熟應用是達成高質、高產及維護生態環境所必需。本文之主要目的在於介紹作物合理化施肥技術及其應用，包括施肥的參考資訊、合理化施肥的要領、施肥新技術的介紹等。

二．施肥技術的參考資訊

合理化施肥技術的發揮是要提高作物利用所有養分的效率，降低農作物生產風險及對環境之風險，而最後能獲得經濟上及環保上的最高利潤。而這個境界的達到，參考、瞭解及應用有關之施肥技術資訊

是相當必要的。

(一)作物施肥手冊

本手冊是農林廳及農委會共同編印提供本省主要栽培作物之施肥推荐量及施肥方法，共收錄水稻等 113 種作物的施肥基準及方法，實際應用上農友應參考自己施肥方法、作物生長及栽培條件加以調整。

(二)作物合理化施肥手冊

本手冊是為推動肥料調整方案，推廣作物合理化施肥，由各區農業改良場分別編印，即各轄區之改良場就該轄區內選定推動合理化施肥目標作物，進行有關合理化施肥手冊之編印。

(三)肥料手冊

肥料手冊為省糧食處之肥料運銷處所編印，主要內容包括常用化學肥料的製造過程、性能及施用方法、重要農作物的施肥方法，及有機質肥料之特性與使用。

(四)肥料要覽

新版之肥料要覽正編印中，本要覽主要為供農政人員及肥料從業人員參考。故除了刊印一些肥料知識外，還有有關肥料管理資訊之刊載。

(五)全球資訊網(WWW)

全球資訊網的流行提供可上網的一般大眾豐富之資訊，全球資訊網也是傳播農業資訊之良好工具，有鑑於此農試所農化系在農委會及農林廳的補助之下，正逐步建立合理化施肥之網站(http://www.tari.gov.tw/霧峰總所/合理化施肥)，充實其內容。目前建置在該網站之有關合理化施肥資訊有作物施肥手冊、量身減肥、台南及台東場之合理化施肥手冊、蚯蚓堆肥等。在網路上利用並聯式搜尋方法亦可找到某些特定作物之合理化施肥技術，例如要找水稻之合理施肥可在搜尋引擎方格內打“合理化施肥＋水稻”。目前各區改良場為推展合理化施肥，均常在各場出版之農業專訊中刊登相關資訊，且這些資訊大部份各場均有上網出版，故甚為容易查詢。

在農試所的全球資訊網中亦有土壤資訊網站，內中之台灣地區農田土壤資訊查詢系統亦可提供作物合理化施肥之參考，即由土壤的性

質來進行適當肥料之選用，如中性土壤地區就不必進行添加石灰改良，鹼性土壤地區應避免施用尿素肥料，砂質土壤地區是屬於氮素施用敏感地區，肥料應少量多次施用。

三、合理化施肥技術的要件

施肥是一種科學、技術及藝術的結合，有時施肥是否會成功還要靠運氣，因為土壤是一種相當複雜的有機體，它的物理、化學及生物性質是處於動態的環境下，更重要的是作物的生長是處於多變而不容易預測的氣象環境下，農民常遭遇今年收的多，去年收的少就是屬於生物性生產多變的原因。雖然如此合理化的施肥技術仍是有其規則可尋，而且農業專家幾乎都同意這種看法，即施肥有十點要考慮的要件：

(一)農地的基本資料

1. 田區的面積及位置

耕作田區的大小一定要瞭解這樣才能進行良好的施肥設計，否則將無法知道根據肥料的推荐量對自己耕作面積怎麼換算肥料施用量。由田區之位置也可來推測土系之種類，已查詢相關肥培管理對策。

2. 土壤種類

土壤種類是農地最基本的資料，因為它關係到肥料之選擇與使用太大了，不同的土壤性質有不同之施肥方法，而土壤質地是描述土壤的重要性質之一。台灣地區地質形成頗為複雜，加以地形及地勢的多變化，致形成種類甚為繁多，但分佈甚為零散的土壤。台灣地區主要之土壤類型共可分成 15 類（如表一），其土壤性質可作為合理化施肥之參考。

表一、台灣地區主要土壤類型與性質

土壤類別	代表性質
1.石質土	通常土層淺，含石量超過 75%，排水、通氣性質良好，肥力視母岩種類及風化程度而不同。
2.灰壤	鹽基飽和度低，酸性強，肥力貧瘠，一般農田極少有這種土類。
3.灰化土	物理、化學性質與灰壤差不多，一般農田甚少有此種土類。
4.暗色崩積土	多發生於山區，排水、通氣良好，肥力屬中上。
5.淡色崩積土	排水、通氣良好，肥力較暗色崩積土遜。
6.幼黃壤	一般酸性強，肥力低。
7.黃壤	一般物理性質不算差，排水良好，但鹽基流失，肥力低。
8.紅壤	一般土層深厚，土壤物理性質良好，酸性強，肥力低，磷固定力強。
9.紅壤衍生物	一般排水不良，肥力貧瘠。
10.黑色土	一般土層深厚，保水力強，但排水不佳，旱季時土易龜裂，耕作性差，須注意土壤水分管理。
11.老沖積土	台灣主要的耕地土壤之一，土壤性質無固定之規則。利用上可參考土壤調查報告，採取必要之對策。
12.新沖積土	亦為台灣主要的耕地土壤，土壤性質無固定之規則。利用上可參考土壤調查報告，採取必要之對策。
13.混合沖積土	土壤性質無固定之規則，利用上可參考土壤調查報告書採取必要之對策。
14.台灣粘土	大半之南部的看天田屬之，質地粘重，一般土壤性質無一定之趨勢。
15.鹽土	主要分佈於濱海地區，需洗鹽才可供農用。

整理自謝兆申、王明果(1997)。

3.相鄰之環境狀況

包括水源區、水庫、河流、湖泊、水塘、住宅區、水井等，在施肥上需有環保之考慮，因為施肥不只是為自己，還須顧慮別人及社會大眾之利益。

(二)土壤分析

經由土壤之取樣分析可瞭解農田土壤之養分豐缺狀況，根據土壤分析才能正確推荐作物的肥料需要量。

(三)前作之作物種類

前一作甚至前幾作之作物是否有固定之氮素可利用，尤其是與豆科作物之輪作。前一作若是因需肥較多之作物而施下較多之肥料，則下一作若屬需肥較少者，則可減施肥料。

(四)田區產量預估

影響作物產量的因子很多而且複雜，如土壤肥力、灌溉及排水、病蟲害、雜草、輪作制度、氣候及其他的因子，都會使每年或每塊田之產量不一樣，因此可用過去幾個年度（通常要 3-5 年）的平均來作為產量的估計基準，由預估出來的產量(通常為平均值乘以 1.2 倍)，換算成肥料需要量才可進一步改進養分的利用效率。

(五)養分的來源及型態

可供給作物利用之養分來源及型態會每塊田與每塊田間有所差別，特別是種的作物種類不同，施的肥料不同，如水田及茶園就不宜施用硝酸態氮，使用有機質肥料時需要知道其成分以便進行良好之施肥設計。此外在合理化施肥技術上應瞭解作物與肥料本身的肥效，要計算投入農田之合理養分量，即要能夠計算。

(六)敏感地區的問題

所謂敏感地區即肥料施用易造成污染的地區，這包括是屬砂質地之農地，靠近河流、湖泊、水源地、住宅區、飲用水井地區，此外陡坡地或低窪地區也都是屬敏感地區，這些都是施肥上都必須注意的地區，因為過量不當的銨鹽或硝酸鹽類的過量施用，易造成污染地下水源。過量的灌溉也會造成氮素往下層土壤移動而進入地下水中。

(七)施肥推荐量

施肥推荐量可在一般施肥手冊中獲得，但實際應用需配合栽培管理技巧，作物之生長季節及生長情況而加以調整，才能獲得最適當之養分有效性。

(八)分施時間及百分率

一般分施時間及分施量之決定為配合作物不同時期之養分需要，例如香蕉百分七十五之肥料就被推荐在花芽分化前施用完畢；而茶樹肥料之施用，如春肥必須在春芽萌發前施用完畢。施肥是一種動態的作業。如何讓適量的肥料施用，達成最好之收益，除了要有學理的基礎，也要有經驗技巧的累積。例如氣溫若降到 10℃ 以下，施肥之效果就不佳，驟雨若淋洗掉氮素，可酌量補充氮肥以促進作物之生長。為減少勞力及肥料之流失，中耕培土是一些條植作物如玉米之施肥時間之一。

(九)施肥方法

由於台灣社會之變遷，使得一般農民施肥愈形粗放，不僅量施得多，而且大部份施肥不加覆土。事實上適當之施肥方法是應該考慮農地地形如是否屬坡地、降雨型態。土壤類型、輪作制度及其他的影響因子，使能達到個別田區最適利用養分效率。

(十)檢討與修正

合理化的施肥技術應是如照上述之要件一一加以實行，但實際應用上，除了隨時加以檢討修正，最好是每作的作物收穫之後，就收穫量配合可能影響產量之因子如氣象、病蟲害、水分等影響，檢討以往之施肥策略是否適當，這樣以往之耕作記錄就變得很重要而且很有用，例如在美國有些州就推行 MEY（最大經濟收量，Maximum Economic Yield）的理念，此須連續三年左右之產量與成本資料來加以計算。MEY 的理念已被認為是精準施肥經濟評估的方法之一。施肥有經濟之評估才能獲知經濟上是否獲利。

四、精準農耕技術在合理化施肥之應用

精準農耕技術在合理化施肥之應用亦稱精準施肥(precision fertilization)，事實上精準農耕它所期望的是適當成本的投入，追求經濟性的產量，同時主張對環境的保護，因此它的理念在作物養分管理上完全是一種合理化施肥技術。

精準農耕是一種資訊與技術的結合，把它綜合地應用在作物的管理上，它要依靠衛星定位儀來確定某一定點的位置，而這個定點在農場內設定很多時變成有一個空間分佈的情況，舉一個例子來說我們在田區內及田區間取了 20 個點的土壤樣本，這樣我們做土壤肥力分析之後大約可知道土壤肥力之分佈及走向。精準農耕技術利用產量監測器(yield monitor)在作物收穫時也把產量在農田上之分佈做出來，因此我們可以判斷土壤肥力之分佈是否與產量之分佈有相關，如果土壤肥力是影響產量分佈之重要因子，我們再利用變異量施肥農機(variable rate fertilizer applicator)來進行施肥，也就是說土壤比較肥的地方我們就施用比較少的肥料，比較貧瘠的地方就施比較多的肥料，這種技術又稱做特定點施肥(site-specific fertilization)是一種相當先進之施肥技術，先進國家的大農場經營有相當多利用的例子，而且很多都透過農業顧問公司的協助。目前台灣由於耕作的單位面積過於狹小，且作物種類繁多且複雜，且許多小型農機應用精準農耕技術所需之產量監測器及變量施肥器仍沒開發出來，故精準農耕技術應用在施肥上，目前在本省仍不太適用，只能夠對大面積之農戶他們的農場內做適當點數之取樣，觀察土壤肥力之分佈是否局部與作物產量的分佈有關連，本省之農業生產大部份農民之耕作面積均相當狹小，以很小的面積經營要來維生，比較難依靠高成本之監測技術之投入，事實上小農作的合理化施肥本身就是一種精準農耕技術。目前美國果園的土壤及植體分析營養診斷很多技術方法都要求果農在進行土壤及葉片取樣時應考慮空間變異的問題，就是顯示對精準農耕技術在果園合理化施肥之重視。

五、養分管理的 BMP

植物生長與發育所需要之養分並非取之不盡用之不竭，人類要永續生存就必需靠永續的農業，而無論農產品或畜產品之生產都必需直接或間接地靠養分的供應來達成，因此地球上的養分循環利用確實太重要了。磷、鉀素這種來自礦石的生產約三至五百年就用光了，現在尿素的生產也必須依靠天然氣，天然氣也有用完的一天。所以合理化施肥不只是為因應肥料將來會上漲的問題，其實也是為肥料這種地球上寶貴的能源能把它好好的利用。因此先進國家的作物養分管理就有許多學者主張要符合最佳化管理操作(BMP, Best Management Practices)的原則，即作物養分的管理要好好地策劃設計、認真地執行，能達到高產、低成本投入、有效利用可資使用的養分、及改善環境的品質。最佳化管理操作就是要考慮成本、利潤及環境品質，養分的管理必須注重土壤，空氣及水的維護，因為我們人類吃的東西，它裡面的養分是來自土壤及空氣，土壤事實上是在維持各種生物的生命現象。

養分管理的 BMP 不只考慮作物要多少養分，要如何施肥，也要考慮土壤的管理，如土壤有否必需改良如酸性是否太強需要添加石灰或白雲石粉，為了要讓作物能有效率地利用養分土壤必需有好的構造、適當旳排水及良好的保水能力。

作物的高產量及高品質不單是良好的養分管理可以達成，作物的生產是一門綜合的技術，除了良好土壤管理之配合還需要有適當品種的選擇，考慮適當種植密度及種植時期，良好的病蟲害及雜草管理，更重要的是作物在生長時需要有良好之氣候環境。

六、結語

作物合理施肥技術之獲得有必要廣泛參考有關的技術手冊，無論它是一種平面媒體的或電子媒體，參加講習會也是獲得有關資訊的重要方法。合理化施肥是要投入適當的肥料成本，讓養分能夠被作物有效地利用，獲得良好的產量與產品品質，同時對環境的保護能盡一份

責任心。合理化施肥有十個要件需要加以考慮即 1.農地資本資料。2.土壤分析。3.作物種植序列。4.產量預估。5.養分的來源及型態。6.敏感地區問題。7.施肥推荐量。8.分施期及比例。9.施肥方法。10.檢討及修正。單獨的合理化施肥並不一定可以獲得良好的作物產量，必須配合良好的栽培管理、病蟲害及雜草管理，及土壤管理。

蔬菜園合理化施肥技術

王鐘和　　林毓雯

台灣省農業試驗所

一.施肥原則

台灣地處熱帶、亞熱帶之間，氣溫高，雨量多，土壤中所含存的植物營養元素經雨水淋洗流失量多，更由於採行集約式農業經管，耕作頻繁，可耕土地每年休閒的時間甚短暫，土壤肥力不斷消耗，必需適當的補充營養元素，作物才能正常的生長。

廣義的「肥料」是指能肥田之物料，一切物料無論是施於土壤或植物之葉部，能直接提供作物營養分或能改良土壤之物理、化學與生物性質，有益作物生長及營養元素之吸收，增加作物之產量，或改善產品之品質者，均稱為肥料。由於氮、磷、鉀三要素肥料影響作物生長量，收穫物對生長量之比例(即收穫指數)及收穫物的品質至大，故其施肥量、施肥方法及使用肥料種類之選擇等乃為施肥上之重要課題。

隨著我國經濟快速成長，國民生活水準大幅提升，對均衡之營養和飲食衛生安全較以往講究，蔬菜為佐餐所必須，有時甚至成為主食，據統計，國人每人之蔬菜年平均消費數量達 127 公斤(民國 83 年)，因此生產安全、高品質之蔬菜，不僅是農政單位重要的工作項目，更是一般民眾所殷切期盼。適宜平衡之施肥，可以保持蔬菜有良好之營養狀態，獲得較佳的品質。

(一)施肥基本原則

作物生產不同於工業生產，工業生產之產量係與生產原料供給量成正比例，源源不斷的供給生產之原料，自然可獲得大量的產品，而作物的產量則受到其本身先天遺傳的最大生產潛能，以及生長環境中的諸多因子(氣候、土壤環境、栽培管理等)的影響。下列幾個原則為

作物生產過程中施肥時必須瞭解遵循的原則。

1.最少養分律：作物生長所需營養要素雖有十餘種之多，但作物之生長係受最缺少之要素所限制，如不補充這種要素，即使其他要素有充分量，亦不能發揮促進作物生長之效果。故施肥時應判斷土壤中何種要素最缺，針對最缺的要素施肥才能得到效果(圖 1)。

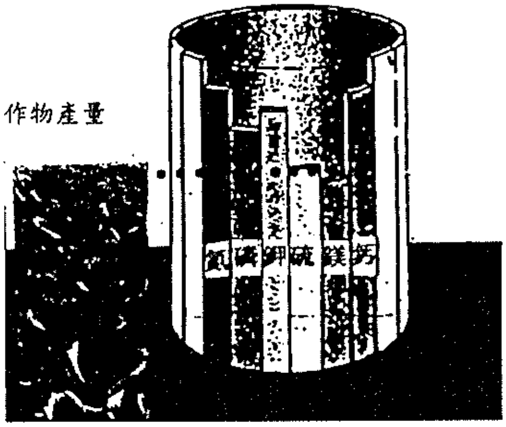


圖 1、營養要素限制作物生產的情形

2.報酬漸減律：當土壤中缺少某種要素而施肥時，作物生長量雖跟著施肥量之增加而增加，單位施肥量所能增產之作物收量卻隨著施肥量之增加漸減，故施肥量增加至某一程度後產量不再增加，甚至減產。收穫物之品質與施肥量亦有類似關係(圖 2)。

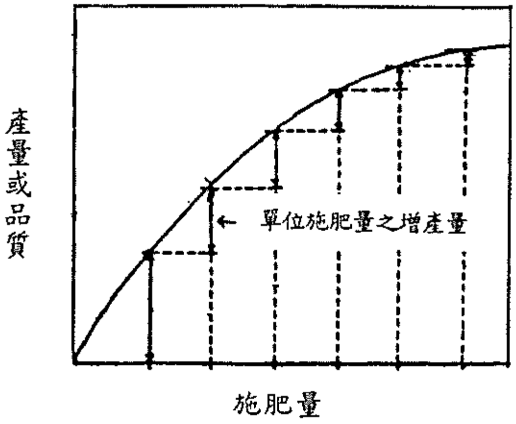


圖 2、施肥量與產量(或品質)之相關圖(報酬漸減律)

3.最大利潤之經濟產量：單位施肥量之增產量遞減，而施肥費用仍隨著施肥量比例的增加，故作物生理上可獲最高產量之施肥量亦未必是最經濟的施肥量，超過經濟產量施肥量之施肥，就是浪費的施肥，不只增加生產成本，更造成土壤及環境污染問題(圖 3)。

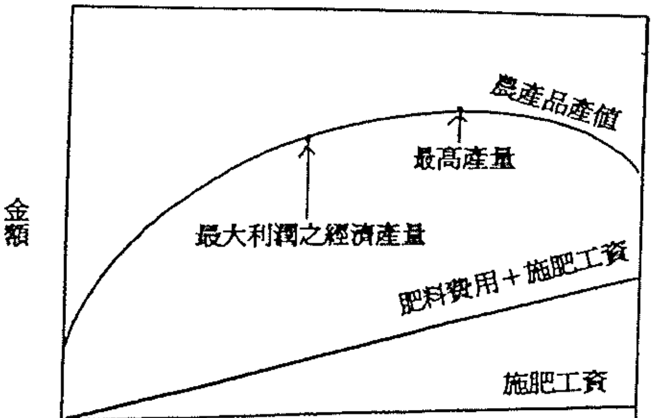


圖 3、最大利潤經濟產量與最高產量之比較圖

此外，近代農業生產要能永續經營，生產過程必須考量下列三方向：(1)生產力是否能保持於穩定的水準？(2)所投入的資源效率如何？

(3)投入對於環境的影響如何？唯有如此才能達到既兼顧環境生態平衡且具高生產效率的農業。

(二)影響肥料施用適量之因素

作物之生長發育受到先天遺傳特性及生長環境中各種因子之影響，因此，在施用肥料時,自然必須考量各項影響因子及肥料本身性質之影響。茲分述如下：

1.品種之特性：生長潛力較大之品種需肥量（尤其是氮肥需要量)多於生長潛力較低者。

2.氣候因素：(1)日照：陽光充足時光合成產物之生產潛力增加，如供給多量肥料配合之，可使此潛力充分發揮，獲得高產。(2)雨量：水分成為限制因子時作物對氮肥之需求量減少，但磷及鉀之需要量卻增多，因水分缺乏時磷及鉀之吸收受阻，故須施多量磷鉀肥始能滿足作物之需要。(3)溫度：高溫季節土壤有機質之氮素釋放較快速，根之吸收率亦高，因而作物需氮量降低。

3.土壤性質：(1)土壤理化性質：土壤質地、水分、通氣、密實度、陽離子交換能量，有機質含量及酸鹼度等性質均會影響營養元素之有效性及作物根系之活性,例如土壤排水不良時鉀之吸收最易受抑制，故鉀肥效果特別明顯，用量亦要多。(2)土壤肥力：土壤中某種要素之供給量低則供給該種要素之肥料需要量高，施用效果亦大。

4.栽培管理： (1)耕耘：在旱田過度或水分過多時之耕耘，破壞土壤構造，使變為緊密而通氣不良，在此情況下鉀之吸收受阻，鉀肥需要量提高。無論水田或旱田，其整地操作會促進土壤有機質之分解，增加氮素之供給。與此比較，在不整地栽培作物時，因土壤有機質之分解較少，而且所施氮肥之損失較大，故氮肥之需要量增加。(2)水分管理：淹水土壤易造成氮素因脫氮而損失，滲透快之農田則易因淋洗流失量大，造成肥料（尤其是氮肥）需要量增加。水分含量適中之土壤，根對營養要素的吸收容易，肥料的效果容易發揮，施肥量可以減少。(3)植物保護及雜草防治：病蟲害之發生及雜草之滋生顯著影響作物的產量，降低施用肥料的經濟效益。(4)密植度：一般密植度提高時肥料需要量亦隨之提高，即作物密植需配以重肥才

能提高產量，但假如其生長過盛，相互蔭蔽時，密植再配重肥則可能反而引起減產。(5)覆蓋：以稻草、綠肥等材料覆蓋，對保持水分及改善土壤物理性等有很大效果，並在其分解中釋放各種要素。

5.肥料種類：肥料種類不同，所含肥料要素之成分與形態不同，在土壤中之動態及對作物營養生理之功能亦有所不同。例如浸水土壤中，硝酸態氮易因厭氣而脫氮，鹼性環境則易使銨態氮揮發損失。此外，並需考慮單位要素量之價格，施用較經濟者。

6.施肥方法：施肥的效應亦因施肥位置及時期而有很大的差異。各種作物所需不同要素之施肥方法（施肥位置、時期）亦有所不同。(1)施肥位置：正確之施肥位置有助於減少肥料之損失，避免肥害，及提高肥料被作物吸收之比率。(2)施肥時期：施肥時期的要點在於施用肥料時，適為作物需肥時期，既減少肥料損失，並可供作物適時利用。在積極的意義，施肥時期的運用尚有調節作物營養生長以達提高收穫指數或收穫物品質之功效。

(三)含鈣、鎂、矽質石灰資材之施用

據統計台灣地區耕地土壤中 pH5.5 以下強酸性土壤占總面積之３５％，大部份的蔬菜作物均不耐酸，在酸性環境下生長受抑制，需以石灰資材調整土壤 pH 值達 6.0 以上才能正常生長。施用石灰粉、苦土石灰、煉鐵爐渣等石灰資材均可調高土壤 pH 值，糾正土壤酸性。為要調整土壤反應所需石灰資材當依土壤之質地或陽離子交換能量而異；黏質土壤或陽離子交換能量大的土壤為多。石灰質材料之需要量亦依其中和力之大小而異；石灰石粉中和力如當１００，則硝石灰和煉鐵爐渣（包括矽酸爐渣)之中和力各為１２０～１３５及６０～８０，可依中和力之大小分別增或減用量。又酸性土壤本身，鈣、鎂、矽等要素之供應亦是較低，作物栽培上易缺此等要素，是故上述石灰資材既為改善土壤酸性之良劑，亦為植物營養上之鈣、鎂、矽質肥料。惟石灰資材如施用過量，將導致鐵、錳、銅、鋅及硼等要素之溶解度減低，易導致其缺乏，故其施用亦應注意適量。

(四)有機質肥料之施用

有機質肥料之功能甚多；諸如：改善土壤物理性；包括增進土壤

團粒構造，保水力、通氣性、調節土壤溫度，降低總體密度及土壤流失等。對土壤化學性亦有助益；包括提高陽離子交換能量，增加營養分儲存能力，較大緩衝能力等。此外，並可使土壤微生物相多樣化，微生物活性增加，減少病原菌生長。因此普遍地被施用於蔬菜栽培上，藉以改善蔬菜園土壤之理化及生物性質，提高蔬菜產量與品質。

有機質肥料種類繁多，大致可分為難分解型與易分解型兩種：難分解型一般是以稻殼、樹皮、木屑、作物殘株等堆製腐熟而成之有機質肥料，含豐富纖維質，但氮、磷、鉀三要素含量較少，因其在土壤中的分解較慢，適宜用在改良土壤理化性質和促進土壤微生物活性，使作物根部有良好生長環境。易分解型一般以禽畜糞、動物性廢棄物、油類等腐熟而成之有機質肥料，含纖維質較少，氮、磷、鉀三要素含量高，其所含養分在土壤中分解釋放較快。施用時應注意其釋出之要素養分量，相對的減少化肥要素用量。此外，連年施用有機質肥料後，除了當作所施有機質肥料之可礦化養分量外，亦要評估土壤中累積之既有有機質之可礦化養分量(圖 4)，以二者之和作為預期可由有機質供給之要素量。

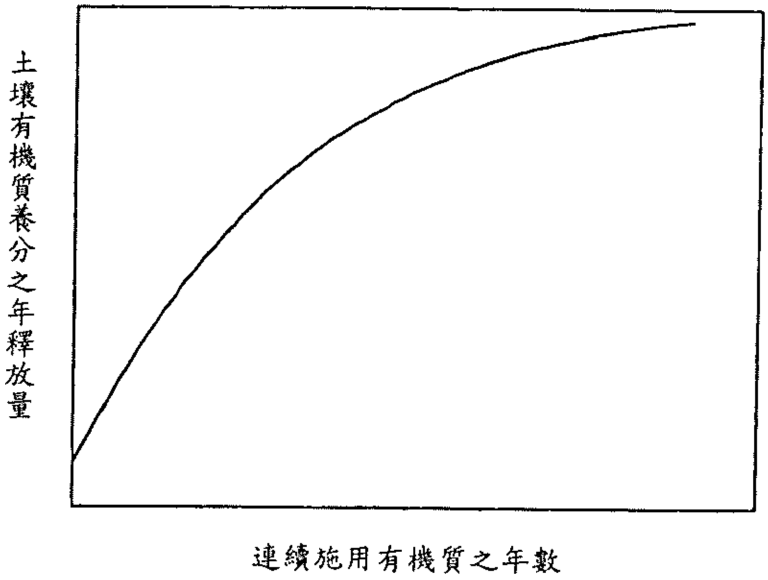


圖 4、連續施用有機肥料時土壤養分礦化釋放之情形

二.施肥策略

台灣之氣候條件，一年四季皆適於蔬菜生長，目前栽培之蔬菜種類甚多，大部份蔬菜生產採行成本較低的露地栽培方式，但夏季常有颱風豪雨等不良氣候，使蔬菜之產量及品質不穩定。利用設施栽培蔬菜，可穩定生產，提高品質，並具調節產期平衡供需的功能，因此在全省各蔬菜產區都有農友採行。近來亦有少部份農民於設施內進行水耕蔬菜之栽培，以養液來供給及控制蔬菜生長所需之養分，或者於袋裝之培養土直接種植甜椒，小黃瓜、蕃茄等瓜果類蔬菜，並以滴灌供給蔬菜生長所需之水分及營養元素。此外，因應夏季蔬菜供應不足之需要，夏季於高冷地栽培蔬菜亦佔有一定比例。

不同蔬菜種類的要素需求量不同，且不同生長階段的蔬菜對營養元素的需求亦異。此外，設施內、露地及高冷地蔬菜生育之環境亦不相同，如何有效合理的施用肥料，使蔬菜生長快速，生育強健，增強抗病能力，提高蔬菜單位面積的產量及品質，達到既不浪費肥料資源且兼顧環境生態保護。則為蔬菜栽培者及相關農政及研究人員努力的目標。

(一)露地蔬菜之施肥管理

露地栽培蔬菜，受自然環境因素(光照、溫度、雨量、風等)的影響頗大，雖然生產之蔬菜品質及產量較不穩定，但因生產成本低，故本省大部份蔬菜栽培仍採此種方式。一般而言，蔬菜生長期間較短(尤其是葉菜類)，在短期間要吸收大量營養元素(圖 5)，生產大量物質，適當充足的供給肥料是必要的手段。

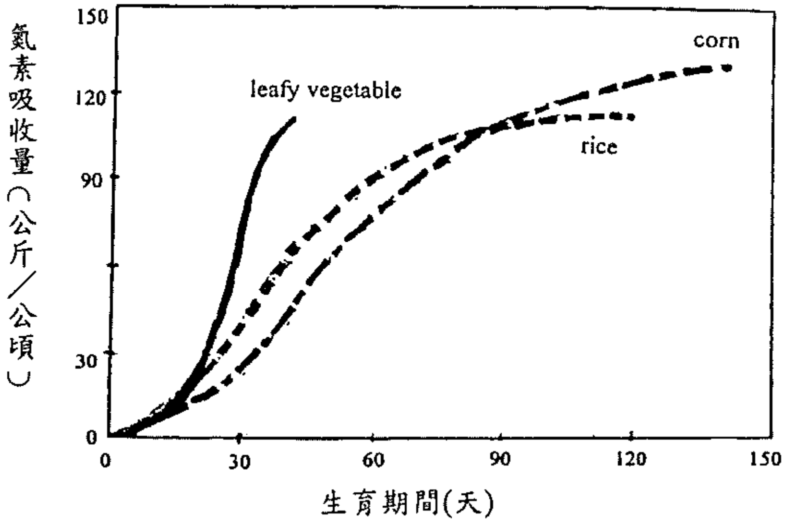


圖 5.葉菜.水稻及玉米生育過程累積氮素吸收量之比較

1.不同種類蔬菜之施肥

瞭解不同種類蔬菜之生育及養分吸收特性，參酌栽培地之氣候及土壤條件，配合栽培管理措施，適時、適量的供給肥料，可獲較佳的產量及品質。蔬菜各生育期間養分吸收情形因種類不同而異，其情形如圖 6。

葉菜類蔬菜之地上部（葉部）或全株均可為販售之產品，生育期短，極短時間內即吸收了大量營養元素，除了初期生長較緩，養分吸收較少，隨後即快速的生長及吸收養分至收穫為止，故肥料之供給要充足（尤其是氮素，以促進葉部生長），來滿足其初期之生長及隨後之快速吸收生長期(圖 6)。

根菜類蔬菜由於生長中後期根部肥大時，原地上部植株所含之營養要素可再轉移至收穫部位，因此應注意生育初、中期三要素肥料的施用及生育中、後期有充分之磷、鉀吸收促進根部肥大，且應避免生育後期過度吸收氮素，葉菜類蔬菜之結球菜類亦是類似情形。

果菜類（含豆類）蔬菜由於開花後有一段時間係營養生長及生殖生長同時進行，因此生長中、後期的養分供給亦相當重要，此外亦應注意與開花結果有密切相關之磷、鉀肥之施用。

豆類蔬菜如接種根瘤菌時，因有固氮之功能，故氮素肥料量可減少，以發揮固氮的功能。

蔬菜肥料施用一般依種植時土壤肥力的高低，施以基肥(氮、鉀比率一般為 25%~50%，磷肥則為 100%，施用量因蔬菜種類而異)，其後依種類不同再追施 1 至 3 次之氮、鉀肥(可參考台灣省政府農林廳編印之作物施肥手冊中各類蔬菜之施肥方法)。

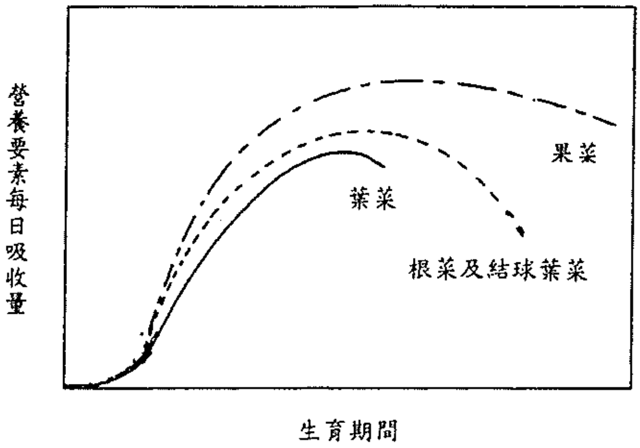


圖 6、不同種類蔬菜之生育及養分吸收經過

2.水分管理之影響

蔬菜屬好水性作物，水份含量達 90%以上（尤其是葉菜類，農友常稱之為「水菜」)，生育期間需要充足的水分，土壤水分的多寡不但影響蔬菜根部活性，且營養元素係溶於水中被蔬菜吸收，因此土壤水分的動態當然與肥料效果之發揮有密切關係。一般農民大致採行兩種水分管理方式：

(1)高畦溝灌式：

土壤入滲速率為中、慢的蔬菜園採行，具可迅速排水的溝渠。可避免因灌溉及下雨造成土壤水分過多，根部容易窒息，影響蔬菜生育，如本省彰化縣永靖、二林等蔬菜產區採行此種方式。此種方式較節省灌水量，惟土壤中易殘留多量蔬菜吸收剩餘之鹽類離子，此等離子因毛細現象由下向上移動，常造成畦面表層土壤累積大量鹽類離子，尤其是畦中間部位較畦兩邊乾燥,因此兩邊之水分帶著鹽類離子向中間移

動使這種情形更為嚴重，致使蔬菜發芽失敗，或者生育嚴重受阻。

(2)低(或無)畦全層淹灌式：

在土壤入滲速率高的蔬菜園，灌溉的水量可經由土壤向下迅速排出，本省雲林縣西螺及高雄縣梓官等蔬菜產區採行此種方式，此種方式較浪費灌水量，但因淋洗作用明顯，土壤中之鹽類離子較不易累積在土壤表層中，雖對蔬菜生育有益，但也造成必需多施肥料補充土壤營養要素，以及肥料流失量大，肥料利用率降低，且大量的肥料鹽類（尤其是硝酸態氮）因而移入較深土層中，有污染地下水之慮。(圖 7)

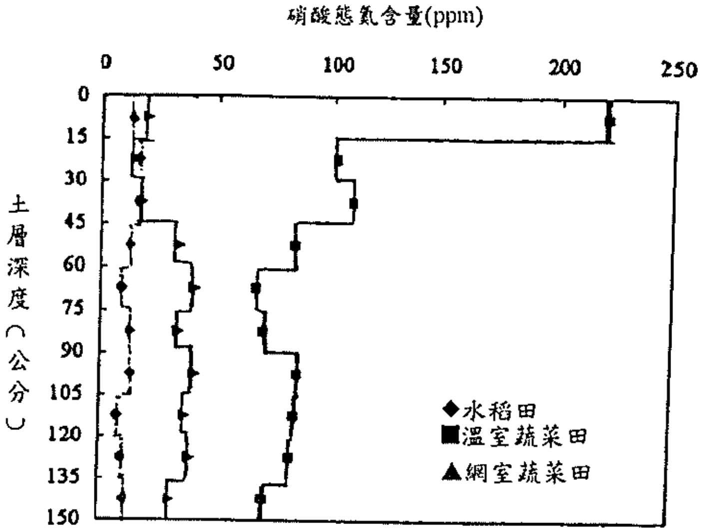


圖 7、水田及蔬菜田土壤中硝酸態氮含量之比較

(二)設施蔬菜之施肥管理

以栽培設施控制蔬菜生長環境，可避免遭受夏季豪雨侵襲，與提高冬季設施內溫度，達到調節蔬菜生產期並穩定蔬菜產量與品質的目標。本省高溫多雨，施用之肥料尤其是氮肥，容易被雨水淋溶而流失，只有少部份被植株吸收，設施內則無此問題。因此設施內栽培蔬菜若施用與一般露地栽培同樣之肥料，常會造成土壤中鹽分累積，不利蔬菜生長。

1.鹽分過度累積對蔬菜之影響

(1)抑制蔬菜對水分的吸收。土壤鹽分濃度太高時，會使土壤水勢降低，蔬菜根部吸水的能力降低，甚至脫水死亡。

(2)高量的鹽類離子影響蔬菜生育。土壤中累積過量之銨、磷酸根、硫酸根及硝酸根等離子對蔬菜根部直接造成傷害。

(3)造成土壤中養分不平衡。土壤中累積之鹽分係蔬菜吸收剩餘者，元素比例常呈不平衡狀態造成拮抗作用，產生元素缺乏症狀，例如銨吸收太多易生鉀或鈣缺乏症狀等。

(4)對土壤微生物有不利之影響。過量鹽分累積抑制土壤微生物活性，間接抑制微生物具有之有機物質分解，礦質化作用，硝化作用等功能，也抑制土壤中尿素水解酵素，磷酸酯酵素，以及固氮酵素之活性，影響蔬菜對氮及磷之吸收。

(5)生物相不平衡。設施內高溫高濕，且常是高耕作次數之連作，降低土壤原有的生物多樣性，使土壤生態系不平衡，抗病能力降低，易使蔬菜產生病害。

(6)土壤物理性變差。過量鹽分累積在土壤表面，佔據土壤孔隙，不利水分進入土壤內部，此外，由於灌溉次數多，土壤乾濕交替頻繁，常使土面產生結皮，通氣性變差，土壤內部空氣無法順利與外部空氣交換，大量二氧化碳積在土壤中，不利蔬菜生長。

2.解決鹽分過度累積之方法

(1)浸水：以大量水洗移走鹽類離子。

(2)客土或深耕:可稀釋降低表層土壤鹽類離子之濃度。

(3)換土:移走含高鹽類離子之表層土，加入由外處移來之乾淨土壤。

(4)種植耐鹽作物或綠肥作物:如玉米、田菁等吸收土壤中累積之鹽類離子，並可將植株耕犁掩埋，增加有機質且可釋放養分供下作蔬菜使用。有鑑於此，掌握每作蔬菜種植前土壤中殘餘之營養要素量，加上該作期間內土壤可能礦化供應之養分量，作為調節該作施肥量之診斷及施肥推薦工作，甚為重要。設施內溫度較高，有機質分解快，且複作指數高，土壤耕作較頻繁，易損害土壤之結構，應注意有機質之補充，尤其是分解速度較慢之纖維性有機質肥料，不但可克服連作障礙，且可改善土壤理化及生物性質，提昇蔬菜產量及品

質。

其他於設施內以養液供給蔬菜營養分之水耕及袋裝培養土滴灌栽培，需依蔬菜種類及生育階段，供給適當含量及比例之營養元素，才能確保較佳的產量與品質。

(三)高冷地蔬菜之施肥管理

於高冷地種植蔬菜，具舒解夏季蔬菜供應不足之功能，農民亦可獲得較高經濟利益，但因高冷地蔬菜產區部份位於水庫集水區之山坡地，土壤質地常為石礫含量高者，保水力及保肥力均低，因此農民常施用大量肥料，雨季有多量雨水沖擊時，常造成大量土壤及肥料流失，影響水庫儲水，污染水源，故常為國人所垢病。但在高利潤之誘惑下，農民仍繼續種植 。為使高冷地蔬菜衝擊環境之程度降低至最小。施肥管理時應採行：

(1)提高土壤緩衝能力，施用有機質肥料，提昇土壤之保水及保肥力。
(2)施用石灰改良土壤酸性，增進土壤團粒構造。
(3)種植耐寒之豆科綠肥，吸收土壤殘留肥料，避免流失，且增進有機質含量。
(4)教導農民合理施用肥料，針對蔬菜生育階段吸收養分之特性，適時適量之施用肥料。

(四)土壤診斷與施肥推薦

園藝作物常施肥過多，導致土壤中鹽分累積，作物生長受阻。此等情形尤以蔬菜園，特別是設施栽培為最。由於蔬菜作物每作施肥量多，每作殘留的肥料量或有機質很多，此等殘留無機態養分量及有機質於下作期間可礦化之養分量等測定對於次作施肥量之調節甚為重要。藉土壤診斷以調節施肥乃益加必要。惟土壤診斷過去最缺者乃土壤有效態養分供應能力之測定，係因影響土壤有效養分礦化有關因素複雜，養分礦化量之預估較難故。

土壤速測是土壤肥力的快速診斷方法，係利用化學分析方法測定土壤樣品的若干物理化學性質與有效養分含量，藉以診斷該土壤的肥力狀況，進而推薦適當的施肥量。因此就土壤一定期間可礦化的養分量為對象，探討速測方法，以便掌握蔬菜園於一作期間可供應之養分

量，藉以調節其肥料施肥量。此外由於土壤水分管理模式影響土壤養分動態甚大，應列入施肥推薦時之重要參考因素，配合土壤速測之結果，教導農民合理的施用肥料，必然獲致高產量及高品質的蔬菜，且節省肥料支出，增加農民收益，對生態環境之維護亦有莫大的助益。

花卉之合理化肥培管理

張庚鵬

台灣省農業試驗所農化系

前言

何謂合理化肥培管理？簡單地說，就是讓所施用之肥料達成最高效率的生產量的肥培管理方式稱之。但是，要達成這種目標可不容易。首先，得先明瞭栽植土壤（或介質）之理化性質，然後，按所栽種花卉作物之特性（長、短期採收，品種差異等），參酌不同生育時期（苗期、營養生長期、生殖生長期等）、氣候（光照強弱、溫濕度高低等）、栽培方法（整枝、灌溉方法等）等因子之影響，以適當比率、適當量之肥料，適時以最佳的施用方法施用。接著，以一套簡單而實用的方法來進行肥力監控也是必須的，當栽培環境（如大量雨水沖淋等）或作物生育條件（如大量採收切花等）發生變化時，可以隨時掌握肥力變化情形，給予適當的肥料補充。

由上述可知，影響肥培管理的因子眾多，並且各因子間通常都環環相扣。只要其中有一個環扣鬆掉了，就有可能讓整個作物生產遭受到嚴重的負面影響。因此，在栽種作物之前，先擬定一套完整的施肥計畫是必須的。唯有針對現場實際的需求，將肥料的種類、施用量、施用法進行適當的調整，才能真正達成合理化之肥培管理。以下將對影響肥培管理的重要因子作進一步的介紹：

一、 栽培基質

無論栽培基質為土壤或其他介質（如泥炭土、岩綿等），其物理（如質地、團粒結構、孔隙度等）及化學（如酸鹼度、有機質、要素含量等）性質均與肥培管理息息相關。在擬定肥培管理流程時，基質

之理化性質常被列為最優先考量之因子。下面簡單列舉幾個較典型的基質理化性質影響肥培管理事例，以供參考：

1.在粗質地土壤（如砂質土、石礫地等）栽種作物，由於土壤之保水保肥力均弱，施肥方式宜採用少量多施；若一次施用多量的肥料，不僅易造成肥傷，且肥料也易大量流失。

2.坋質粒含量高、團粒結構不佳之土壤容易在大雨襲打或高水位淹灌後，土壤表層結成一層硬皮。當結皮現象發生時，施於土表的肥料就不易為作物所吸收，根系也易因通氣不良而生育不佳。因此，在作物栽種前，即宜預作處理；或在土表覆蓋一層有機質（如稻草、蔗粕等）以防大雨直接沖擊；或加入大量有機質與土壤混拌，以改善土粒之團聚性；或採窄畦、低水位淹灌之方式；皆有助於防止土壤結皮現象之發生。

3.部份地區土壤中要素含量不均衡，易引起栽種作物之要素缺乏或過剩毒害。例如在強酸性紅壤易發生缺鎂及錳毒害；在石灰黏板岩沖積土（如濁水溪流域）因土壤 pH 值高，易發生鐵、錳、鋅、硼等元素之缺乏。栽種作物前，即應預作防備。

4.採用無土養液栽培作物時，其介質不同，則供液方式及養液之要素組成亦應不同。例如以椰子殼、蛇木屑等栽種作物，由於介質質地粗，給液宜以噴灌方式；若以泥炭土、岩綿等為介質，則可以選用滴灌或噴灌。若以泥炭土栽植作物，由於介質錳鐵比過高，初期應多供給鐵而少給錳，以防缺鐵現象發生。若以岩綿為介質，由於介質 pH 值高，栽植初期應多供給鐵、錳以防缺乏。

二、生育特性

花卉作物的種類繁多，其生育特性也不盡相同，肥培管理自應針對不同之生育特性作必要之調整。以下將針對幾種重要的生育特性及其肥培管理之重點作簡單之介紹：

1.生育時期：簡單分為苗期、營養生長期、開花期等，球根花卉尚有蓄球期。苗期栽培僅須少量肥料，肥料過量易致生育不良或肥傷。

營養生長期當以較高比率之氮肥為主，以生產足量的枝條及葉面積。開花期則應適度將氮肥降低，提高鉀肥，因此時若氮素過多，枝葉繁茂將對開花不利。蓄球期則須將氮肥降至最低，提高磷、鉀肥，以利球體之養分蓄積及擴大。

2.採收期區別：花卉作物若依採收期長短，可區分為短期及長期作物。短期作物如百合、劍蘭、菊花等，其採收期常集中在一小段時間內；長期作物如玫瑰、非洲菊、文心蘭等，其切花通常可以經年採收。短期作物之肥培管理著重於基肥之使用，追肥只用於輔助不足。長期作物因須長期維持植株之生育旺盛，而基肥僅能維持一段時間，因此追肥之使用技術相當重要。由於經年採收，其氣候因子變化較大，肥培管理也須要相應調整，此點在第三項中將再作說明。

3.品種：花卉作物因以觀賞為目地，故而品種繁多。不同品種常須搭配不同之肥培管理。以玫瑰為例，黛安娜與薄粉均為粉紅色系，在生育速度上薄粉遠超過黛安娜，其所消耗之肥料自然較多，應提供較多之肥份。在非州菊，粉紅色系常較橘紅色及黃色系品種需求更多的鐵，故而常在高溫季節，栽培非洲菊的簡易溫室內見到嚴重缺鐵的粉紅色系，及缺鐵徵狀較輕的橘紅及黃色系。

三、氣候因子

氣候因子對作物的影響是相當鉅大的，花卉作物自然也不例外。除了生理方面的影響，在營養上，氣候因子也扮演著相當重要的角色。氣候對作物的影響一般主要的因子為光照、溫度，露地栽培者尚有雨量等。光照及溫度影響作物對營養要素的吸收及利用率，水分（如雨水，灌溉水等）使加入的肥料溶解，如此才能為作物的根系吸收及利用。

一般說來，高溫高光照的條件下，氮素的吸收及利用特別的快，因此作物常呈現新生枝葉繁茂的景象；此時，可能導致巨量元素如鈣的缺乏（鈣素在高溫、通氣不良的條件下，吸收率降低）及鉀的潛在性缺乏（鉀量不充足時，在艷陽下易致全株葉片軟垂），或微量元素

如鐵的缺乏。而在低溫低光照時，作物的生育速度緩慢，此時，應提供較高濃度的氮肥及磷肥（磷素在低溫時，被吸收率大幅降低），以促進作物的生長。

水分是作物生長所不可或缺的要素。正常說來，只要溶氧量充足，水分愈多，作物生育愈旺盛。在營養上，水分是營養要素（肥料）溶解的必要溶劑，只有溶於水的營養要素才能為作物吸收利用。在設施栽培中，水分常可藉由所設置的管路供應；但在粗放的露地栽培中，水分常由灌溉溝渠或雨水提供。值得注意的是，雨水提供的水分量由於難以掌控，常易發生肥料大量流失的現象，是故如何預防及補救亦為肥培管理的重要項目之一。

四、肥料之選擇

肥料的種類可說五花八門。以種類區分，有化學肥料、有機肥料、微生物肥料；以性質區分，有單質肥料、複合肥料、綜合性肥料；以釋放速率區分，有速效性肥料、緩效性肥料。在眾多肥料種類裏，應該挑選何種肥料施用？何種肥料最能達成高產、高品質的目的？在抉擇肥料的種類之前，下列三個原則是必須先明瞭的：

1. 已知作物生長所必需的營養要素有巨量要素：氮、磷、鉀、鈣、鎂、矽，微量元素鐵、錳、銅、鋅、鉬、硼，及碳、氫、氧（可由空氣及水中取得）。肥料之使用（不論選用任何種類、性質之肥料），其主要目地均在適時、適量地補充作物所不足的營養要素。
2. 除了少數含有毒害物質（如有害重金屬、酚酸等）之肥料外，肥料無所謂優劣，只有各具不同性質之差異而已。例如，化學肥料要素成份含量高、速效，不當使用易致肥傷。有機肥料含有廣泛之營養要素，緩效，在部份問題土壤中多施且可改良理化性，但肥效低且難以精確掌控要素比率。
3. 肥料之選擇，務須考量所栽種作物之生育特性、栽種基質之理化性及氣候因子之影響。在作物生育特性方面，例如栽培短期內採收的劍蘭，選用有機肥或化學肥均能達成效益；若栽培長期採收的玫瑰，

則速效性追肥的選用即顯得重要。在栽種基質之理化性方面，如栽種基質為極粗（如砂土、石礫地等）或極細（如重黏土）質地之土壤，多施用有機質肥料以改善理化性質實為良策。在氣候因子之影響方面，例如在高溫高陽的季節栽種作物，氮素易致過剩，若選用一般有機質肥料，宜添加鉀肥含量高的化學肥或有機肥。

考量上述三項原則後，再依肥料之價格，及個人現有的設備與操作習慣，即可選出適合於個人使用之肥料。

五、肥力監控

為了讓所栽培作物能達成高產、高品質之目的，恆定地維持基質中適當的要素比率及要素量（即最佳肥力）是必須的。然則，肥力如何監控呢？一般說來，最精確的肥力監控方式為，定期（且為短期，須能顧及生育過程中的變因）採取基質及植體樣本，進行要素分析，如此即可精確地測知基質及植體中之要素比率及含量。可惜的是，要素分析常須昂貴的儀器及需耗去相當多的時間、人力，因此此法常礙滯難行。依據筆者多年的田間經驗，應用簡單的 EC（電導度）測定法似為一較可行之肥力監控法。由於基質的 EC 測定容易（僅須取一份基質，加入五份純水攪拌後即可由電導度計測定），而經由電導度值即可粗略得知基質中之要素總量。但此等肥力監控法須特別注意二項原則；第一：得先建立 EC 值與肥力之關係式，如基質 EC 值為某數值時，氮、磷、鉀等要素之濃度為若何，升高或降低時，各要素之濃度又變化若何，如此，吾人即可直接由基質之 EC 值來判斷要素之總量，並定出適當肥力之 EC 值範圍。第二：由於基質之 EC 值僅表示基質中要素之總量，並無法表示各要素之比率；因此，當所使用的肥料多樣化（不同肥料之要素比率不同）時，或栽培環境有變動（如大雨使基質中之氮肥大量釋出）時，即使其 EC 值相同，由於要素比率不同，應有不同的肥力意義界定。

果園合理化施肥

黃維廷　吳婉麗　張愛華

台灣省農業試驗所農業化學系

一、 果園合理化施肥之目的(重要性)

因應政府逐年減少補貼或不再補貼肥料價格之政策，肥料價格將由市場機能反映，推行合理化施肥以減少施肥浪費挹注肥價調整之費用。應用土壤與葉片營養診斷技術推薦施肥，以確保果樹不受最少養分律之限制而能充分生產品質優良之果實，並依循報酬遞減律之原則，使施肥量符合經濟上最大之利益。果樹施肥合理化係增產並改進果實品質，及降低生產成本提升競爭力之有效途徑，尤其我國即將進入世界貿易組織，更應積極從合理化之土壤與肥培管理著手，促進果樹栽培持續發展。

過量和粗率之施肥，不僅肥效降低，肥料養分流失或逸散會污染水源，而逸散的氣體亦具溫室效應，從環保與農業資源永續經營之觀點，肥培實須慎加規範與規劃。

二、 果園土壤管理促進合理施肥

合理與事半功倍之施肥需了解與掌握果園土壤理化性質，從土壤管理著手，土壤提供果樹的機械支撐及空氣、水分、養分等，為果樹生育之基礎，土壤性質影響根的生長，水分及養分的吸收利用，良好果園的土壤立地條件，肥料效果容易發揮施肥量就可減到最少，因而降低施肥成本。一般而言，理想的果園土壤條件與土壤管理要點，大致如下：

a.土層深厚(1 公尺以上)，中質地土層疏鬆排水良好的砂質壤土或壤土

粗質地的石礫地及砂土，雖通氣好但保水保肥力差，須經常灌溉

與施肥，細質地粘土粘重，排水通氣不良，根系伸展不易。平地排水不良之果園雨季容易積水，浸水爛根，必須採用高畦及設置排水溝幫助排水，坡地如土層沖刷變淺易受旱害，須注意水土保持。

b.維持土壤酸鹼度 pH 於 5.5～6.5 間

對大部分的果樹而言 pH5.5～6.5 為適宜的範圍，當 pH 值低於 5.0 時，果樹根易受鋁錳毒害，鈣鎂缺乏，磷易受固定，減低有益微生物的活動。pH 高於 7.5 以上，鐵錳銅鋅等微量元素易缺乏，可以葉面施肥補充，氮肥宜選用硫銨。坡地果園，鹽基易沖洲，土壤呈強酸性(pH<5.0)，須施用石灰改善。

石灰的施用法：

①石灰的種類

強酸性葉片未缺鎂之果園可施用石灰石粉或爐渣，如缺鎂就必須改用白雲石粉(苦土石灰)，以同時補充鎂，對酸性之中和力而言，如以石灰石粉 $CaCO_3$ 中和力為 100，則生石灰 CaO 為 179，消石灰 $Ca(OH)_2$ 為 135，碳酸鎂 $MgCO_3$ 為 119，苦土石灰(白雲石灰)$CaO+MgCO_3$ 為 100-119，另外石灰爐渣，矽酸濾渣及蚵殼粉為中和性效果較低之非純石灰類。石灰粉粒愈細，中和效果愈好。

②石灰的施用法

pH 低於 5.0 之土壤，採果後均勻撒施全園，樹冠外圍施量應稍多，並須翻土混入 15-30 公分土壤中，(因不易移動須與土壤混合)每株約 5-7 公斤，換算成每年每公頃施量，砂質壤土約 1 噸，壤土或坋質壤土 1.5 噸，粘質壤土 2 噸。石灰宜與腐熟堆肥同施以免土壤硬化，且施後一個月才施用化肥，以免影響肥效。

c.合理的管理土壤有機質，使土壤有機質含量 2%以上

土壤有機質為動植物殘體經土中微生物分解後所餘下安定的黑色腐殖質，其功用為促進土壤團粒構造生成，使土壤疏鬆，改善排水通氣性，並增加保水保肥能力。部分土壤有機質仍可繼續被微生物分解，再釋放養分供作物吸收利用，為營養要素之貯存庫。台灣高溫多雨，土壤有機質分迅速，多數果園例如柑桔有六成以上低於 2%以下，需酌量施用有機堆肥與草生栽培期提高土壤有機質含量。

果園施行草生栽培是比較經濟可行之增加有機質的方法，因施用有機質肥料，不僅價格高，體積龐大而運送及施用均費工，欲達改善有機質含量之目的，每公頃至少須 20 噸以上之堆肥，有機肥如含氮高，施用過多而無酌減施化肥，則植株可能有氮素過高之症狀(夏秋梢旺盛，結果少，轉色遲)，又施用未經發酵腐熟之有機肥，容易傷根。行株間留草或植草，割草覆蓋樹冠下，及土中的草根俱是有機質之來源，果園中修剪下之枝條粉碎後施入土中亦是有機質之來源，園中種植苕子，多年生落花生，埃及三葉草或紫雲英、虎爪豆等綠肥，不僅增加田園景觀之美，又可保持水土，且綠肥也是有機氮素源，也可減施化學氮肥，一舉數得。

d.供給充足之營養要素

除上述 pH5.5-6.5 及有機質 2%以上外，土壤有效磷 80ppm 以上，土壤交換性鉀與鎂均 100ppm 以上，土壤交換性鈣 1000ppm 以上，俱為果園土壤較佳之肥力狀況。

e.經濟合理之施肥可避免鹽害

台灣降雨量高，只要土壤排水良好，依土壤與葉片營養診斷及施肥手冊推薦施肥，不致施肥過量，而引起 EC 值過高造成的鹽害。

三、 合理的施肥(適量，適期，適當位置與方式)需考慮影響肥效之因素

施肥量的決定，理論上為果實及枝條養分含量扣減土壤天然供給量再除以肥料因沖刷、逸散與滲失後之實際吸收率而得，但實際之估算甚難，經由農業試驗場所的田間試驗，表 1-3 所列柑桔荔枝高接梨之施肥推薦量可供參考，農民依自己果園土壤特性及土壤與葉片營養狀態，考慮下列因素酌予增減調整之。

(1)氣候影響

日照會影響肥效，日照足則光合生產潛力增加，氮肥效果顯著，陰天多氮肥需要量可減少，而鉀肥必須充分供給，始能維持正常之光合速率，高溫有機氮礦化迅速，根之吸收率也高，作物需氮量降低，低溫作物對磷之吸收可能受阻。水分成為限制因子時，作物乾

物生產量減少，肥料需要量亦減少。

(2)土壤理化特性

前已述及 pH 對養分之吸收及化合態或有效性之影響，土壤質地差異影響保水保肥力，粗質地之砂土或礫地，施肥量須增加施肥量 30-40%，粘質土則可酌量減施 20-30%。除質地外，有機質含量、土壤構造、土壤是否壓實與硬盤皆會影響排水通氣性，而直接或間接影響養分之有效性與吸收，故土壤管理為施肥合理化之重要工作。

(3)作物生育習性

落葉果樹或荔枝秋冬休眠忌施氮肥或灌水，否則不利光合成產物之累積，影響翌年開花著果，一般而言，果樹採收後之禮肥及新梢枝葉尚未生長之基肥，較重氮肥，以符合營養生長期之需求，而生殖生長之開花果實發育與肥大成熟之追肥則以磷鉀為重，每種果樹之生育階段皆不同，如能充分掌握瞭解果樹之生育習性，則可於適當時期，對不同比例之氮磷鉀三要素作合理之分配，以滿足果樹生育需求，表 4、5、6 為施肥時期及比率分配，可供農友參考，並依田間生育觀察而調整控制。至於施肥位置與方式需配合施肥時期，開花著果後及果實肥大期之追肥，考慮施工成本，可配合下雨後或灌溉後土壤濕潤狀態，全園撒施樹冠下外側，覆蓋雜草植物殘枝葉或覆土淺耕。而基肥的有機肥及石灰宜深耕施入土壤，施溝或施肥穴最下層置放石灰或苦土，中層為有機肥，最上層才置施化肥與覆土。若干深施的方式可輪替使用，例如①環施：樹冠外圍直下四周環狀開溝深及寬各為 20 及 30 公分。②條施：適用高齡果園，兩株間開溝。③穴施：樹冠外圍直下，周圍鑽挖 4-5 穴，深 30-50 公分，直徑 15-20 公分。

表 1、柑桔三要素推荐量（公克／株／年）

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">樹齡或產量</th><th colspan="3">三　要　素　用　量</th><th colspan="2" rowspan="2">換算成台肥複合肥料</th></tr>
<tr><th>氮素</th><th>磷酐</th><th>氧化鉀</th></tr>
<tr><td rowspan="2">幼樹</td><td>一～三年生</td><td>75</td><td>75</td><td>75</td><td rowspan="2">四三號</td><td>500</td></tr>
<tr><td>五　年　生</td><td>150</td><td>150</td><td>150</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td rowspan="5">成
樹</td><td>40 公斤／株</td><td>500</td><td>250</td><td>375</td><td rowspan="5">五號</td><td>3,125</td></tr>
<tr><td>60 公斤／株</td><td>600</td><td>300</td><td>450</td><td>3,750</td></tr>
<tr><td>90 公斤／株</td><td>800</td><td>400</td><td>600</td><td>5,000</td></tr>
<tr><td>120 公斤／株</td><td>1,000</td><td>500</td><td>750</td><td>6,250</td></tr>
<tr><td>150 公斤／株</td><td>1,200</td><td>600</td><td>900</td><td>7,500</td></tr>
</table>

表 2、梨的三要素推薦量（克／株／年）

樹齡	氮素	磷酐	氧化鉀	折　合　肥　料	有機肥(公斤)
1~3 年生	75	75	75	四十三號複肥 500	5~10
4~5 年生	150~200	150~200	150~200	四十三號複肥 1000~1300	10~20
6~7 年生	550	350	350	四十三號複肥 2300 公克、尿素 500 公克	30~400
8~10 年生	850	500	500	四十三號複肥 3400 公克、尿素 840 公克	40~50
10 年生以上	1200	700	700	四十三號複肥 4600 公克、尿素 1190 公克	50~60

表 3、荔枝施肥量（公克／株／年）

①幼樹：每株全年施肥量（公克）		
N(氮肥)	P_2O_5(磷酐)	K_2O(氧化鉀)
100-200	100-200	100-200
②成樹：依去年收量、樹勢、營養抽梢及氣候狀況酌量調整。		
N(氮肥)	P_2O_5(磷酐)	K_2O(氧化鉀)
300-500	300-500	300-1000

表 4、柑桔的施肥時期分配率(%)

肥料別	基肥(採收後)	追肥(春肥)	追肥(夏肥)
氮肥	40	40	20
磷肥	50	50	0
鉀肥	30	30	40
品種	基肥施肥時期	春肥施肥時期	夏肥施肥時期
椪柑	11 月~12 月	2 月~3 月	6 月~7 月
柳橙	12 月~ 1 月	3 月~4 月	7 月~8 月
文旦	11 月~12 月	2 月~3 月	6 月~7 月
葡萄柚	11 月~12 月	3 月~4 月	7 月~8 月

表 5、梨的施肥時期及其分配率(%)

肥料別	基肥（落葉後）	追肥		禮肥
		謝花後	中果期	
有機肥	100			
四十三號複肥	70			30
尿素		50	50	

表 6、荔枝的施肥時期分配率：

肥料別	採　收　後	謝　花　著　果
N(氮肥)	1/2-2/3	1/3-1/2
P_2O_5(磷酐)	如使用單質肥料過磷酸鈣可一次全施，如使用複合肥料則配合氮鉀肥分施。	
K_2O(氧化鉀)	1/2	1/2

(4)肥料種類及性質

目前市售之化學肥料有單質肥料、複合肥料、緩效性肥料(常見化肥之要素含量如表 7)，有機肥料也常混入化肥出售，農友常用的有機肥大致可分動物質、植物質、蒿桿類及商品堆肥，詳細種類及要素含量與碳氮比如表 8-11 所列示。肥料施用前宜先瞭解其所含要素之種類型態(如銨態或硝酸態氮肥)與含量，以及何時供給作物吸收利用(分解速率)。尤其是有機肥料一作或一年的礦化分解率必須列入施肥量的估算，以酌扣化肥施用才不致施肥過量。碳氮比高(30-60)之稻蒿、木屑堆肥或樹枝堆肥，土壤中分解慢，一作(水稻)期間之礦化率據測定約為 10-30%，碳氮比低者(8-10)如綠肥、豆粕及雞糞，土壤中分解速率與化肥相近，礦化率幾乎近 100%。碳氮比中等(10-15)之豬糞、牛糞堆肥則礦化率約 85-50%，假如豬糞堆肥之三要素含量為 3.0，2.5，2.2%，而預估礦化率為 80%，則施入每公噸當作要素釋出量將達氮、磷酐、氧化鉀各 24、20 及 22 公斤，均宜自推薦之化肥施量中扣減。

表 7、常用主要化學肥料及有機質肥料要素含量

肥料名稱	要素含量（%）							有機質（%）
	氮素	磷酐	氧化鉀	氧化鎂	氧化鈣	氧化矽	氧化錳	
硫酸銨	21							
硝酸銨鈣	20							
尿素	46							
過磷酸鈣		18						
硫酸鉀			50					
氯化鉀			60					
臺肥 1 號複合肥料	20	5	10					
臺肥 5 號複合肥料	16	8	12					
臺肥 39 號複合肥料	12	18	12					
臺肥 43 號複合肥料	15	15	15	4				
臺肥 1 號有機質肥料	1.5	4.0	3.0	1.5	7.0	8.0		60
臺肥 2 號有機質肥料	4.0	4.0	4.0	1.0	1.0	2.0		60
臺肥特 1 號有機複合肥料	11	11	11					30

表 8、動物質肥料成分表（%）

肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣
緋渣	10.0	4.5	1.0		蒸製骨粉	4.0	23.5	0	33.0
沙丁魚渣	9.0	5.0	0.8		皮革粉	12.0	3.4	0	-
鯖、青花魚渣	7.0	11.7	0.3		乾血(血粉)	13.0	2.0	1.0	-
雜魚雜碎渣	7.7	9.3	0.3		鯨肉渣	9.2	1.3	0	0.5
鱈魚渣	7.4	11.2	0.7		鯨骨粉	3.0	25.0	0	-
魷魚渣	2.8	1.0	0.2		骨灰	0	35.0	0	46.0
蟹殼粉	4.5	3.5	0.5	28.5	魚粉	4.8	4.3	0.2	0.5
蝦殼粉	4.6	1.9	0.8		羽毛粉	13.4	0.3	0.1	-
蚵殼粉	0.2	0.1	0.02	28.8	毛髮	13.0	7.5	0.1	-
雜魚小魚蝦	4.5	2.5	0.3						

表 9、蒿類成分表（%）

名　稱	碳氮比	氮	磷酐	氧化鉀	名　稱	碳氮比	氮	磷酐	氧化鉀
稻桿	61	0.6	0.1	0.9	碗豆莖葉		1.0	0.4	1.0
稻殼	72	0.5	0.2	0.7	蠶豆莖葉	38	1.6	0.3	2.0
米糠	20	2.0	3.9	1.5	甘藷莖葉		1.1	0.5	1.3
小麥稈	75	0.6	0.2	0.6	玉米稈	51	0.5	0.4	1.7
高粱稈	73	0.7	0.3	1.9	油菜稈	62	0.6	0.3	1.1
大豆稈	30	1.5	0.5	0.6	茶渣	16	3.1	0.5	0.6
大豆莢		0.8	0.2	2.3	蔗渣	105	0.4	0.1	0.3
花生稈	28	1.7	0.4	1.3	菸葉渣	18	2.6	0.8	5.4
花生	22	1.7	0.8	1.0	菸莖	14	1.7	1.1	5.6

表 10、植物質肥料成分表（%）

肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	碳氮比	肥料名稱	氮	磷酐	氧化鉀	碳氮比
大豆粕	7.0	1.3	2.1	5	燒酒粕	5.0	1.0		
油菜籽粕	4.6	2.5	1.4	8	蓖麻籽粕	5.4	2.2	1.5	4.5
落花生粕	6.3	1.2	1.3	8	咖啡粕	2.0	0.5		
胡麻粕	5.0	2.0	1.9		澱粉粕	0.7	1.5		
向日葵粕	5.2	1.7	1.4		菸草粕	2.0	1.5	15.0	
米糠油粕	2.5	5.0	2.0	15	紡織棉粕	0.7	0.5		
醬油粕	3.0	0.8	0.5		海草粉	1.5	0.5	4.0	
芝麻粕	5.8	3.2	1.5	10	椰子粕	4.5	1.2	2.7	
棉籽粕	3.4	1.6	1.0		松樹木屑	0.1			730
					松樹皮	0.2			220

(摘錄自「有機農業驗証檢驗師研習班」講義)

表 11、商品堆肥之成分含量（%）

堆肥名稱	氮	磷酐	氧化鉀	碳氮比
香菇廢棄介質	1.35	1.06	0.44	27
金針菇廢棄介質	0.94-3.5	0.78-4.4	0.48-1.2	
豬糞堆肥	0.9-5.7(2.5)*	0.7-9.4(2.9)	0.1-2.6(1.0)	9-48(15)
雞糞堆肥	0.4-5.7(2.1)	0.7-9.6(3.7)	0.3-6.6(2.1)	6-94(19)
牛糞堆肥	1.2-3.9(2.2)	0.8-5.1(2.3)	0.4-3.2(1.6)	
蔗渣堆肥	1.22	0.25	0.49	21

*括弧內平均值

四、 利用葉片與土壤分析促進合理化施肥

果樹為多年生之深根性作物，而土壤為果樹生長之立地環境，土壤中養分被作物吸收之難易深受土壤酸鹼值影響，土壤有機質及土壤有效性養分含量多寡等肥力與理化特性均與果樹樹體營養及生育有密切的關係；葉片為果樹行光合作用與根吸收之養分進行同化之器官，葉片各要素濃度之變化當可反應作物之營養狀況，並與產量及品質相互關連。應用科學分析的方法(土壤及葉片分析營養診斷)的目的為測

知個別果園之肥力與樹體營養狀況，並參酌農友以往的施管理記錄，檢討修訂出經濟合理之施肥措施，推薦農民採行，以矯正果樹營養缺失，提升果實收量與品質，並避免不必要與浪費之施肥，降低施肥之成本。

目前農試所、各區農業改良場與各地農會聯合成立一果園土壤及葉片分析營養診斷服務網，且發展完成果園資訊系統，以電腦進行初步診斷與推薦，再經農改及農會指導人員現場指導與複診，即可送交農友採行。實施營養診斷最重要的第一個步驟，為土壤與葉片樣本之正確取得，如取樣方法錯誤，所採之樣本不具代表性，則徒耗費人力、物力與時間，且將造成推薦錯誤的結果。列舉數種果園土壤及葉片取樣的方法，簡要介紹如下：

(一)梨之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

採樣時期為 5～6 月上旬，採樣部位如圖 1 中所示，採取短果枝上之成熟葉(頂端算起第 3 或第 4 葉)。每株自東西南北各方位之枝條約採 4～6 葉。選擇生長正常樹勢平均之植株，循 U 字型路徑採樣(圖 2)，逢機採約 80～100 葉混合成一樣本，置於塑膠袋內，註明姓名、園址、採樣日期，當日就近送往農試所農化系土壤與植體分析診斷中心或農業改良場清洗處理(如無法當日迅即送件，則須冷藏)，同園內生長特異或疑有障礙問題之植株，可另外採樣調查，但不具代表性。

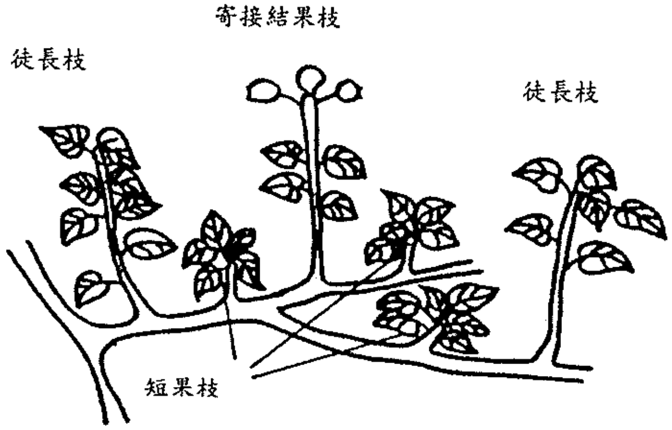


圖 1.梨葉片採樣部位(短枝頂端算起第 3 或第 4 成熟葉)

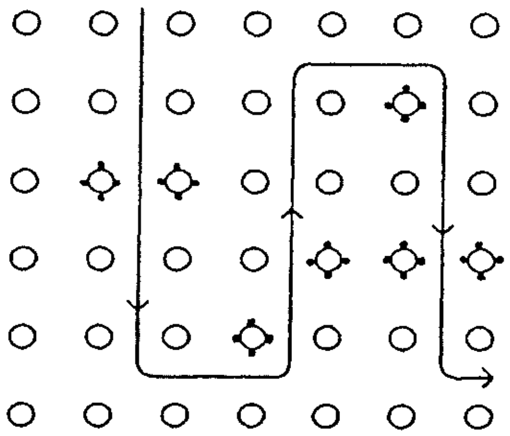


圖 2.循著 U 字形採取葉片的方法

B.土壤採樣方法

準備兩個臉盆及清潔之塑膠袋，標明土壤深度為 0～20 公分，20～40 公分，採樣部位如圖 3 所示位置，於株間即水平棚架上兩樹枝條交會處，或距樹幹 1.0～1.5 公尺以上處，先將土表雜草及其他雜物清除，再以鋤頭，圓鍬或土鑽分別按深度 0～20 及 20～40 公分採取上下等量之土壤，如採到目視可辨之肥料，則須丟棄另於別處取樣，全園視面積大小共逢機採取 6～10 處土壤，分別裝入兩個標有深度之塑膠袋，再註明農友姓名，連同葉片樣本一併送到農試所或農業改良場。

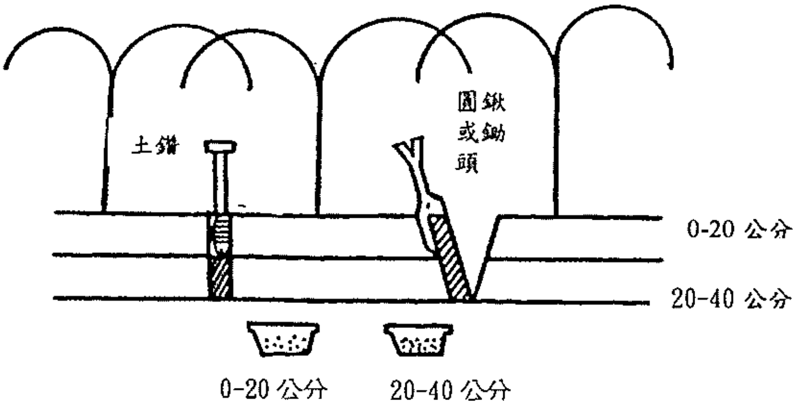


圖 3.梨園土壤採樣方法，株間或水平棚架上兩樹枝條交會處下方，依 0-20，20-40 公分深度，分層採土。

C.填寫施肥記錄

土壤及葉片分析資料，尚需配合農友詳實填寫之施肥記錄，才能診斷出營養缺失(不足或過多)之原因。診斷結果也須根據農友之施肥管理記錄推薦經濟合理之肥培管理措施。故樣本送請分析之同時，請詳細確實填寫，一併送件(表格請參考表 12)。依本所開發之果園營養診斷系統對土壤與葉片分析結果之解釋與推薦之實例如表 13 所示。

(二)柑桔之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

8 月下旬至 9 月上旬採取當年生未結果枝的春梢，自頂端算起的第三或第四個葉片做為樣本，春梢的頂端還必須不長夏、秋梢和果實(如圖 4)。每樹自東、西、南、北方位之肩高處各採一葉，即每樹共採四葉，循 U 字形路徑，逢機選擇生長正常的植株採葉。全園視面積大小，共採取 50 至 100 葉混合為一樣品。置於書寫姓名田、園址與採樣日期之塑膠袋，送件方式如(一)之 A 梨的採樣法中所述；採葉時需注意不可誤採夏、秋梢、結果枝及抽新梢的春梢葉，否則即診斷錯誤。夏、秋梢的葉片通常為鮮綠色，葉緣鋸齒較深且油細胞明顯，易受潛葉蛾危害；當年生春梢葉片則為深綠色、葉緣平整、少有病蟲害。牢記這些性狀有助於分辨。

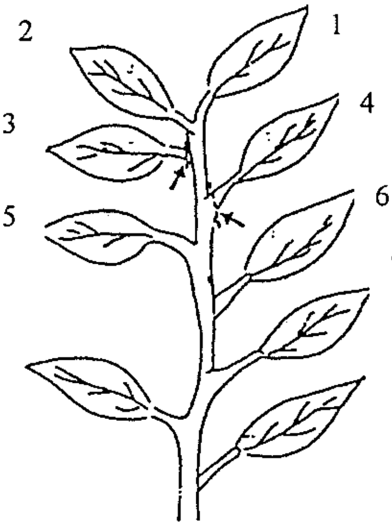


圖 4.葉片採樣部位(春梢無結果枝且為停止梢第三或第四葉)

B.土壤採樣方法

在樹冠外圍直下方採土。先將土表雜草拔除，然後以土鑽、鋤頭或圓鍬等工具依 0～20 公分，20～40 公分兩個深度分別採土(如圖 5)，分盛於兩個容器內。全園視面積大小分散採取 8～12 處，都按採樣深度分別裝入這兩個容器內，再分別混合而成兩個樣品。每一樣品混合均勻後約留取 600 公克，分別裝入標有深度、姓名、及品種的塑膠袋內。送交農試所農化系土壤與植體診斷分析中心。

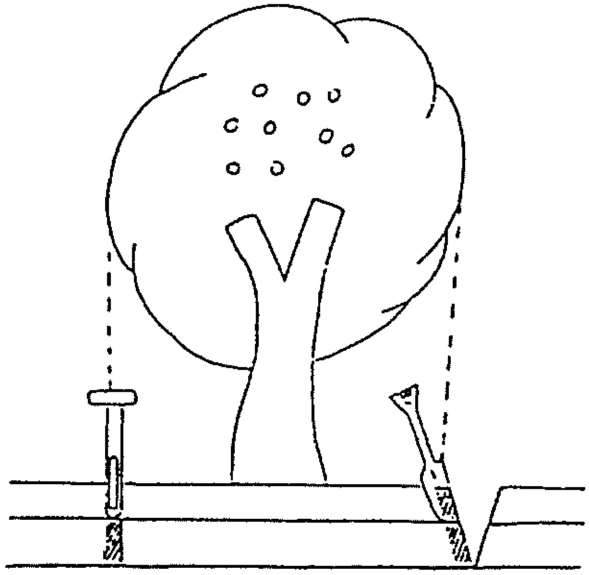


圖 5.土壤採樣部位與深度(於樹冠直下，依 0-20，20-40 公分，分層採土)

(三)、荔枝之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

採葉時期為開花期(2-4 月)。採樣部位為花穗下段之剛成熟葉(如圖 6)，全樹東西南北方位均採，每園逢機選 10～20 株具代表性之果樹牌採樣(避免病樹或生長勢特差者)，計約 80～120 片葉子，裝入紙袋或塑膠袋，標明農友姓名，送件地點與方式如同(一)之 A 梨的採樣方法中所述。

圖 6. 採葉時期為開花期，採樣部位為花穗下段之剛成熟葉

B.土壤採樣方法

如(二)之 B 柑桔之土壤採樣方法中所述。

(四)葡萄之葉片與土壤採樣方法

A.葉片採樣方法

於盛花期採取與花房對生位葉之葉片(如圖 7)，全園視面積大小共逢機採取 50 至 100 片葉，摘下後立即將葉身與葉柄分開(如圖 8)，一同裝入塑膠袋內，標明農友姓名、園址與採樣日期，送件地點與方式如同(一)之 A 梨之採樣方法中所述。

圖 7、葡萄葉片取樣方法，於盛花期採取與花房對生位葉之葉片

圖 8、葡萄葉片摘下後立即將葉身與葉柄切開

B.土壤採樣方法

準備兩個臉盆及清潔之塑膠袋，標明土壤深度為0-20公分，20-40公分，於葡萄株間或行間採土，先將土表雜草及其他雜物清除，再以鋤頭、圓鍬、或土鑽分別按深度 0-20 及 20-40 公分採取上下等量之土壤(如圖 9)全園視面積大小共逢機採取 6 到 10 處土壤，按採土深度分別置入兩個臉盆內混合，混勻後各取約 600 公克土壤分別裝入標有深度及農友姓名、園址之塑膠袋內，送交農試所農化系土壤與植體診斷分析中心。

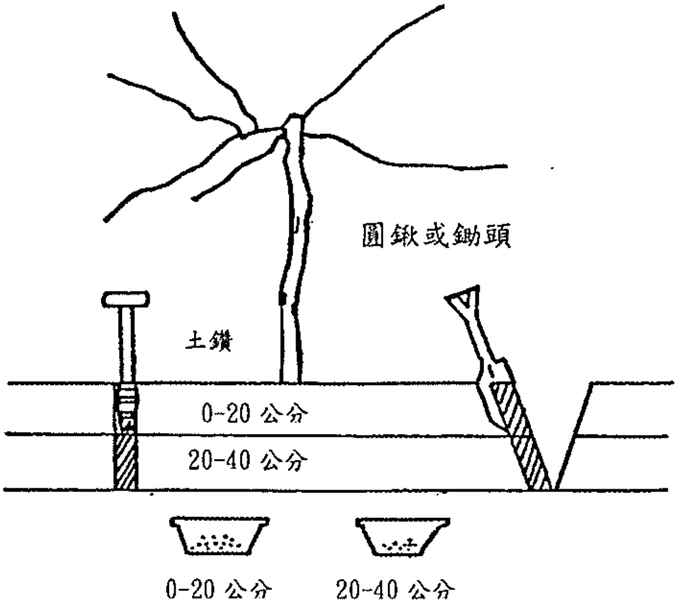


圖 9、葡萄園土壤採樣方法，於株間或行間，依 0-20，20-40 公分深度，分層採土

表 12、施肥記錄表：　　　　　　　　　　　　民國____年____月____起

施肥目標	施月日期 ／　／ (年/月/日)	肥　料　種　類、用　量、用　法
基肥		肥料名稱　　　　　　　　　　每包幾公斤　全園用幾包　或每包下幾株 臺肥複合肥料__號:　　　________　________　________ □尿素□硫酸銨□硝酸銨鈣:　________　________　________ 過磷酸石灰　　　　　　　　________　________　________ 氯化鉀　　　　　　　　　　________　________　________ 有機肥名稱______：每包____公斤，全園____包或每包下____株 其他：__________：________　________　________ 　　　__________：________　________　________
第一次 追肥		肥料名稱　　　　　　　　　　每包幾公斤　全園用幾包　或每包下幾株 臺肥複合肥料__號:　　　________　________　________ □尿素□硫酸銨□硝酸銨鈣:　________　________　________ 氯化鉀　　　　　　　　　　________　________　________ 其他：__________：________　________　________ 　　　__________：________　________　________
第二次 追肥		肥料名稱　　　　　　　　　　每包幾公斤　全園用幾包　或每包下幾株 臺肥複合肥料__號:　　　________　________　________ □尿素□硫酸銨□硝酸銨鈣:　________　________　________ 氯化鉀　　　　　　　　　　________　________　________ 其他：__________：________　________　________ 　　　__________：________　________　________
土壤改良		那一種：□石灰　□苦土石灰　□蚵殼　□爐渣　□其他 用量：一分地施用幾包？________包，每包幾公斤？________公斤 用法：□撒施　□條施　□是否與土壤混合？　□有　□無
有機肥料		有機肥名稱________：每包______公斤，全園______包或每包下　　株 有機肥名稱________：每包______公斤，全園______包或每包下　　株
葉面施肥		名　　　　稱　　　　用　　　　量（稀釋倍數） ________________　　________________ ________________　　________________ ________________　　________________

表 13.土壤與葉片分析診斷推薦之實例

土壤葉片分析診斷結果　　台灣省農業試驗所　　04/18/9

果園編號：1
果樹種類：梨　　期作：　　果樹品種：梨　　樹齡：
農戶姓名：黃榮信　　農戶地址：宜蘭縣羅東鎮尚智街 17 之 2 號 3 樓
採樣日期：07/24/84　　果園地點：梨山
每公頃株數：350
地勢：　　坡　度：
灌溉設施：　　土層深度：
天然災害：　　過去產量：
病蟲害情形：　　防治情形：
生育情形：

＊過去肥料慣用種類及施用量(公斤/株/年)：

化學肥料：
氮素：1.8　　磷酐：0.7　　氧化鉀：1.4

有機質肥料：
興農長壽酸酵：10.0

石灰質肥料：
石灰石粉：4.0

＊土壤理化性質及各要素含量：

深　度 cm	酸鹼度	交換性鋁 ppm	有機質 %	CEC	質　地	有效性磷 ppm	交換性鉀 ppm	交換性鈣 ppm	交換性鎂 ppm
0-20	5.9	--	9.2	--	未測	328	919	2200	232
20-40	4.2	--	5.8	--	未測	284	261	332	40
40-60	0.0	0.0	0.0	0.0	未測	0	0	0	0

＊CEC(me./100g)：陽離子交換能量　　＊--：未測

分析項目	適中範圍	分析值	等　級	修正等級	肥料推薦量及其他建議
氮(%)	2.00-2.60	2.38	中	稍高	按慣用量減 1/6～1/4
磷(%)	0.12-0.14	0.19	高	------	按慣用量減 1/4～1/3
鉀(%)	1.20-2.00	1.93	中	------	按慣用量
鈣(%)	2.30-3.00	1.52	低	------	施白雲石粉 1.5 公噸/公頃，每年繼續施用以改變 pH 至 5.5-6.0 為目標。
鎂(%)	2.30-3.00	0.23	低	------	同上
硼 ppm	21.0-150.0	22.4	中	------	不施。
銅 ppm	10.0-20.0	8	低	------	可能缺銅，應視果園實際情況或經再驗後，審慎推薦，以防銅在土壤中累積。
鐵 ppm	35-45	71	高	------	不施
錳 ppm	30.0-200.0	96	中	------	不施
鋅 ppm	20.0-90.0	25	中	------	不施

附註：1.因鉀鎂比例高，鉀用量應酌減。
2.以上推薦係屬初診，須經現場人員複診認可或修正後方可執行。複診結果應回報農試所便存檔。
3.複診結果：表土之 pH 較去年有改善，底土尚差，葉片鈣鎂低，施白雲石(苦土)建議深施，儘量混入下層土。

五、 未來果園施肥合理化之加強重點

1. 落實葉片與土壤分析營養診斷調整施肥的工作，鼓勵農友勤作記錄，詳實記錄每回施肥種類與用量，累記全年果園之總施肥量，估算每植株的三要素施用量，供第二年依營養診斷的結果進行施肥改善之憑藉與參考。(記錄的項目格式參見表 12)
2. 果園選擇宜平地化，果樹植株修剪矮化，密植者進行疏刪，以利施肥噴藥採收之作業或機械操作，不僅增加光照促進省工管理。
3. 施肥習慣宜調整為少量多次，配合生育期需要適時施用以提高肥效，果實發育期如逢乾旱，坡地果園需重視灌溉管理與設施，平地的水分管理除灌溉外，宜注意改善排水，避免鹽分毒害物質累積之問題。
4. 推行植生覆蓋或草生栽培，果園植體殘株或收穫物之非經濟部分力求回歸土壤以保育水土。